

**Caracterización del estado actual de la minería en el municipio de Paipa (Boyacá) y su  
relación con el distrito de manejo integrado (dmi) sochagota.**

Ricardo Alberto Manrique Abril

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)

Programa de Ingeniería Ambiental

Tunja, Boyacá, Colombia

2020

**Caracterización del estado actual de la minería en el municipio de Paipa (Boyacá) y su  
relación con el distrito de manejo integrado (dmi) sochagota.**

Ricardo Alberto Manrique Abril

Trabajó de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Director:

Jorge Armando Fonseca Carreño

Ingeniero Agrónomo

Msc. Ciencias Agrarias

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)

Programa de Ingeniería Ambiental

Tunja, Boyacá, Colombia

2020

*Dedicado especialmente:*

*A mi Abuelo Eccehomo Manrique Llanos por ser inspiración en los temas ambientales, a mis padres Alberto Manrique y Olga Abril, a mis hermanos, hijos y nieta, A mi esposa Ángela García Rivera por su acompañamiento y continua ayuda, a los diferentes integrantes del grupo de investigación en Medio Ambiente y Desarrollo. GIMAD.*

## **Agradecimientos**

Al Ingeniero Jorge Armando Fonseca Carreño de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por sus valiosos aportes y acompañamiento, a las diferentes instituciones como la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA y el préstamo de expedientes, a la Agencia Nacional de Minería Regional Nobsa (Boyacá), a los directivos de la empresa Ingeniería, Desarrollo Territorial Y Medio Ambiente “INGEOTER SAS”, a la comunidad minera del municipio de Paipa (Boyacá), titulares y operadores mineros.

## **Resumen**

La caracterización de la minería en el municipio de Paipa (Boyacá) permite establecer las relaciones de coexistencia territorial y a su vez proponer políticas públicas para el control y seguimiento a los proyectos, obras o actividades, evaluando los posibles sinergismos con áreas naturales declaradas como el Distrito de Manejo Integrado (DMI) Sochagota. Se usa cartografía digital disponible, analizada a través del software QGIS y alimentado con información gestionada a través de las autoridades ambientales y del sector minero en el área de estudio. Se realiza análisis fisicoquímico de aguas como Temperatura, pH, Dureza, Alcalinidad, Olor y Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Color, Conductividad, Turbiedad, Coliformes Totales y Fecales del lago Sochagota, para la construcción de los Índices de Contaminación (ICO), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) e Índice de Calidad de Agua (ICA); de esta manera se presentan resultados en donde el DMI tiene una extensión de 8.244,56 hectáreas (ha) compartiendo su territorio con el municipio de Tibasosa, y en el cual se adelantan trabajos de exploración, explotación y beneficio de minerales en 150 Unidades Productivas Mineras (UPM) para carbón y 12 UPM para los demás minerales, distribuidos en 31 títulos mineros; 20 de los cuales cuentan con instrumento ambiental vigente. Según los niveles de significancia de los índices de contaminación propuestos presentan grados de contaminación altos y muy altos respectivamente, los que pueden generar inconvenientes que afecten el desarrollo del ecosistema y la protección de la salud ambiental.

## **Palabras Clave**

Minería, Índices de Contaminación de Agua, Distrito de Manejo Integrado, Paipa, Salud Ambiental.

## **Abstract**

The characterization of mining in the municipality of Paipa (Boyacá) allows establishing relations of territorial coexistence and in turn proposing public policies for the control and monitoring of projects, works or activities, evaluating possible synergies with natural areas declared as the District of Integrated Management (DMI) Sochagota. Available digital cartography is used, analyzed through QGIS software and fed with information managed by environmental authorities and the mining sector in the study area. Physicochemical analysis of waters such as Temperature, pH, Hardness, Alkalinity, Odor and Dissolved Oxygen, Suspended Solids, Total Solids, Dissolved Solids, Biochemical Oxygen Demand, Color, Conductivity, Turbidity, Total and Fecal Coliforms of Lake Sochagota, for the construction of the Pollution Indices (ICO), the Organic Matter Pollution Index (ICOMO), the Pollution Index by Suspended Solids (ICOSUS) and the Water Quality Index (ICA); In this way, results are presented where the DMI has an area of 8,244.56 hectares (ha) sharing its territory with the municipality of Tibasosa, and in which exploration, exploitation and mineral benefit works are carried out in 150 Mining Productive Units (PSU) for coal and 12 PSU for other minerals, distributed in 31 mining titles; 20 of which have a current environmental instrument. According to the significance levels of the proposed pollution indices, they present high and very high degrees of pollution respectively, which can generate inconveniences that affect the development of the ecosystem and the protection of environmental health.

## **Keywords**

Mining, Water Pollution Indices, Integrated Management District, Paipa, Environmental Health.



## Tabla de contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento Del Problema .....</b>	<b>4</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>7</b>
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7
<b>Antecedentes.....</b>	<b>8</b>
Ubicación de títulos mineros por tipo de contrato en el DMI .....	10
<b>Marco teórico y de referencia .....</b>	<b>13</b>
Localización.....	13
División Política administrativa de Paipa. ....	14
Hidrología.....	15
Geología e hidrogeología.....	16
Formación Palermo.....	16
Formación Montebel .....	17
Formación La Rusia.....	17
Formación Arcabuco.....	17
Formación Ritoque.....	17
Formación Los Medios.....	17
Formación Une .....	18
Formación Churuvita.....	18
Formación Conejo.....	18
Formación Plaeners.....	18
Formación Labor y Tierna .....	18
Formación Guaduas .....	18
Formación Bogotá.....	19
Formación Tilatá .....	19
Depósitos aluviales (Cuaternario) .....	19
Abanicos aluviales (cuaternario) .....	19
Cuaternario sin diferenciar .....	19
<b>Ecosistemas estratégicos.....</b>	<b>20</b>

<b>Minería y territorio .....</b>	<b>22</b>
<b>Titularidad Minera.....</b>	<b>23</b>
<b>Distrito De Manejo Integrado Sochagota .....</b>	<b>25</b>
Lago Sochagota.....	25
<b>Aplicación del SIG en el Ordenamiento Minero y Ambiental.....</b>	<b>26</b>
<b>Índices de contaminación (ICO) .....</b>	<b>27</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>28</b>
<b>Recolección de Información.....</b>	<b>28</b>
<b>Fase de campo. ....</b>	<b>29</b>
<b>Fase de laboratorio y organización de visor cartográfico.....</b>	<b>30</b>
<b>Materiales y equipos .....</b>	<b>30</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>31</b>
<b>Descripción del área de influencia del DMI Sochagota desde el componente biofísico y social.....</b>	<b>31</b>
<b>Estructura de la titularidad minera en Paipa que ocupa áreas del DMI Sochagota.....</b>	<b>31</b>
<b>Relación de componentes del área de estudio mediante cartografía digital disponible. ....</b>	<b>43</b>
<b>Índices de contaminación.....</b>	<b>50</b>
<b>Índice de calidad del agua (ICA).....</b>	<b>54</b>
<b>Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO).....</b>	<b>56</b>
<b>Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).....</b>	<b>58</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>65</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>66</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Áreas naturales declaradas .....	20
Tabla 2. Títulos Mineros con instrumento Ambiental Vigente .....	34
Tabla 3. Títulos Mineros en el municipio de Paipa Boyacá.....	37
<i>Tabla 4. Datos de pruebas in situ realizadas en el Lago Sochagota.....</i>	<i>52</i>
Tabla 5. <i>Datos de pruebas de laboratorio realizadas para el Lago Sochagota.....</i>	<i>53</i>
Tabla 6. <i>Resultado Índice de Calidad del Agua (ICA) del Lago Sochagota. ....</i>	<i>55</i>
Tabla 7. <i>Resultado Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) del Lago Sochagota. ....</i>	<i>57</i>
Tabla 8. <i>Resultado índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) del Lago Sochagota. ....</i>	<i>58</i>
Tabla 9. <i>Resultados de valoración ICA e ICOs para el Lago Sochagota. ....</i>	<i>59</i>
Tabla 10. <i>Grado de los índices de contaminación ICOs.....</i>	<i>62</i>

## **Lista de figuras**

Figura 1. Localización Municipio de Paipa.....	13
--	----

## **Lista de mapas**

Mapa 1. Títulos Mineros por tipo de contrato .....	11
Mapa 2. UPM y Títulos Mineros Visitados.....	12
Mapa 5. Títulos mineros de carbón dentro del DMI del municipio de Paipa. ....	45
Mapa 6. Amenazas presentes en el DMI del municipio de Paipa.....	46
Mapa 7. Clasificación de bosques en el DMI de Paipa. ....	48
Mapa 8. Coberturas vegetales del DMI del municipio de Paipa. ....	49
Mapa 9. DMI Sochagota Paipa .....	51

## **Lista de gráficos**

Grafico 1. Títulos Mineros en Colombia.....	16
Grafico 2. Porcentaje de Títulos por tipo de Minerales .....	32
Grafico 3. Porcentaje de Títulos Vigentes.....	33

## **Lista de anexos**

Fotografía 1. Panorámica del Lago Sochagota .....	71
Fotografía 2. Toma de muestras de agua.....	72
Fotografía 3. Minería de carbón Paipa .....	73
Fotografía 4. Revisión de expedientes ANM- Nobsa .....	74
Fotografía 5. Calibración de Fotómetro .....	75
Fotografía 6. Trabajo de Laboratorio Grupo GIMAD- Paipa .....	75

## **Introducción**

El consumo de minerales es cada día más evidente y está ilustrado con objetividad en los datos y cifras proporcionados por World- Mining- Data, según lo cual, el volumen de producción alcanzado en 2018 a nivel mundial fue de 17.685.394.327 toneladas métricas, lo que equivaldría a un consumo promedio anual por habitante del planeta de 2.4 toneladas (World-Mining-data, 2018). Por lo tanto las sociedades modernas dependen cada día de materias primas derivadas directa e indirectamente de la minería usados para mejorar las condiciones de salud, la movilidad, el bienestar social entre otros, están fabricados en un alto porcentaje con productos derivados de la minería (A. Escobar & Martínez, 2014).

Colombia es un país considerado mundialmente como mega diverso desde diferentes niveles de organización que van desde lo genético a lo ecosistémico, (Andrade-C., 2011), a su vez posee gran riqueza de recurso hídrico y de minerales entre los que se cuentan el carbón, oro níquel, esmeraldas, hierro, caliza y los materiales de construcción base de la economía nacional y regional, representando más del 3.2% del PIB, teniendo en cuenta que tales actividades son dinámicas y han sido importantes en el entorno social y económico tanto como otros sectores productivo la agricultura, el turismo la silvicultura, la pesca (Universidad de Cordoba; Unidad de Planeación Minero Energético, 2015).

Por lo tanto, definir estrategias de coexistencia territorial entre el medio natural, desde la declaración de áreas protegidas a nivel local y regional y la puesta en marcha de proyectos, obras o actividades de infraestructura, minería, hidrocarburos o producción energética en esos mismos territorios, representan un reto, si se tiene en cuenta el constante divorcio y falta de coordinación entre las autoridades ambientales y las mineras, para definir áreas susceptibles a minería, instrumentos, herramientas y políticas que permitan incorporar elementos fundamentales para la



toma de decisiones en el ordenamiento territorial y ambiental y generar la seguridad ambiental y de inversión tanto local como extranjera en este tipo de proyectos. El municipio de Paipa Boyacá es reconocido mundialmente por sus aguas termominerales lo que conlleva la generación de encadenamientos alrededor del turismo y la venta de servicios derivados del mismo, (Hernandez Pardo & Alexander Eraso, 2011), sin embargo existen otros renglones de la economía del municipio como la minería ubicada en cinco zonas estratégicas para la producción de carbón térmico, sector el salitre, cruz de Murcia, el volcán, sativa y Jazminal en su mayoría pequeña minería de labores tradicionales y en su mayoría de subsistencia en un número aproximado que oscila entre 250 y 300 Unidades Productivas Mineras (UPM) para carbón, mientras que otros materiales como puzolana, hierro y materiales de construcción, son consideradas medianas minerías, por sus volúmenes de producción y por estar en manos de empresas de relevancia Minera como Cemento ARGOS (Ospina, Díaz, Abril, & Garzón, 2010).

De igual forma el municipio cuenta con áreas para la conservación de los recursos naturales y la generación de bienes y servicios ecosistémicos y ambientales, como la reserva natural rancharía (Parada-Quintero et al., 2012) y el distrito de manejo integrado (DMI) Sochagota, en donde gran parte las áreas hoy explotadas en el municipio de Paipa ocupan total o parcialmente el área definida para el establecimiento y declaración del DMI, el cual fue creado por resolución ejecutiva del Gobierno Nacional No. 262 de septiembre 9 de 1986 y publicada en el diario oficial, y posteriormente modificado por el acuerdo 011 de 26 de agosto de 2011 por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Reyes, 2014).(Cárdenas et al., 2003).

Por lo anterior se hace necesario realizar un análisis desde los Sistemas de Información Geográfica usando cartografía digital disponible, bases de datos, consulta en las entidades regionales y territoriales del orden local, departamental y nacional, que permitan determinar el

número de unidades productivas mineras en el municipio de Paipa, el área ocupada por los títulos mineros y la influencia de la minería en el área declarada como distrito de manejo integrado, desde los componentes biofísico y social, permitiendo de esta manera realizar una propuesta de ordenamiento minero ambiental, con indicadores que permitan evaluar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, el crecimiento económico, la evaluación ambiental integral, la coexistencia territorial y el manejo de externalidades negativas causadas por los proyectos mineros. (Mojica & Mariño, 2013b).

## **Planteamiento Del Problema**

Buena parte de la minería en el municipio de Paipa se viene desarrollando entre la formalidad y la ilegalidad dentro del Área del Distrito de Manejo Integrado sin que se generen alternativas de coexistencia territorial entre las diferentes actividades frente al objetivo por el cual se declara un área de conservación ambiental. Las políticas públicas y de ordenamiento territorial deben ajustarse en la medida que la población crece al igual que sus actividades, de esta forma se incluirán propuestas y programas para el fortalecimiento institucional ordenando las actividades, siendo incluyente competitiva y responsable.

## **Justificación**

La creciente demanda de recursos minerales para abastecer los procesos de generación de energía termoeléctrica y la producción de materiales para construcción, ha acentuado los procesos de vulnerabilidad ecosistémica, siendo evidente la extracción minera, (tradicionales no formales, ilegales, legales) con un fuerte impacto regional, desde el punto de vista económico, social, ambiental y cultural. Gran parte de la minería en el municipio de Paipa se desarrolla dentro del área del Distrito de Manejo Integrado Sochagota, (DMI), distrito que en la actualidad no se reconoce bajo una política conservacionista con miras a cambiar la matriz de desarrollo y siendo importante en los procesos de adaptación a variabilidad y cambio climático los cuales deben ser derroteros e incluidos en los Planes de Ordenamiento Territorial Regional.

Generar instrumentos desde el análisis integral territorial permiten tomar decisiones oportunas y que minimicen las externalidades ocasionadas por el desarrollo de proyectos como la minería que de acuerdo a la legislación actual son contratos de concesión con 30 años de vigencia prorrogables por dos ocasiones, lo que involucra el fortalecimiento de las instituciones generando instrumentos de ordenamiento ambiental capaces de realizar seguimiento y control a estos proyectos, teniendo en cuenta que uno de los inconvenientes son las vigencias gubernamentales de solo 4 años frente a las vigencias contractuales de tipo minero energético y de hidrocarburos.

En este contexto este estudio pretende describir la dinámica y relación espacio temporal de las áreas tituladas dentro del Distrito de Manejo Integrado Sochagota en el municipio de Paipa (Boyacá), mediante el uso de software libre QGIS, y la aplicación de un Índice de Contaminación (ICO) y de Calidad de Agua (ICA), asumiendo el análisis ambiental estratégico,

que permite una relación del componente social, económico y ambiental en el territorio orientando las líneas de acción en orden de importancia ambiental y económica.

## **Objetivos**

### Objetivo general

Caracterizar el estado actual de la minería en el municipio de Paipa (Boyacá) y su relación con el Distrito de Manejo Integrado (DMI) Sochagota.

### Objetivos específicos

- Describir el área de influencia del DMI Sochagota desde el componente biofísico y social
- Analizar la estructura de la titularidad minera en Paipa que ocupa áreas del DMI Sochagota.
- Relacionar los diferentes componentes del área de estudio mediante cartografía digital disponible.

## **Antecedentes.**

Los Distritos de Manejo Integrado (DMI), se definen como aquel espacio geográfico, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 6 numerales 10 y 11 del Decreto ley 216 de 2003, la declaración que comprende la reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción de los DMI que alberguen paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional, corresponde a las Corporaciones Autónomas

En el año de 1986, mediante acuerdo número 24 y resolución 262 de septiembre 9 de 1986 expedida por el Ministerio de Agricultura y modificada por el acuerdo 011 del 26 de agosto de 2011 por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, se declara el Distrito de Manejo Integrado Lago Sochagota y la cuenca hidrográfica que lo alimenta (DMI), con una extensión de 8.244,56 ha, dando cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010 en el que se establece: "...La reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción de los Distritos de Manejo Integrado que alberguen ecosistemas estratégicos en la escala regional, corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, a través de sus Consejos Directivos, en cuyo caso se denominarán Distritos Regionales de Manejo Integrado" (Corpoboyacá, 2019). Revisado el Catastro Minero Colombiano se pudo establecer que fueron otorgados títulos mineros posterior a la declaratoria del DMI, ya en el año 1991 a la empresa Humitropic LTDA, se le concesionaba en virtud de aportes un área de 15 ha y 4.799,33 m<sup>2</sup>, identificada con el número de placa 009-91, de igual

forma a la empresa CEMEX COLOMBIA S.A en el año 1994, se le otorga un área de 29 ha y 4623,7 m<sup>2</sup> identificada con el número de placa 17308 como licencia de explotación, de igual forma han obtenido el licenciamiento ambiental por parte de la autoridad competente.

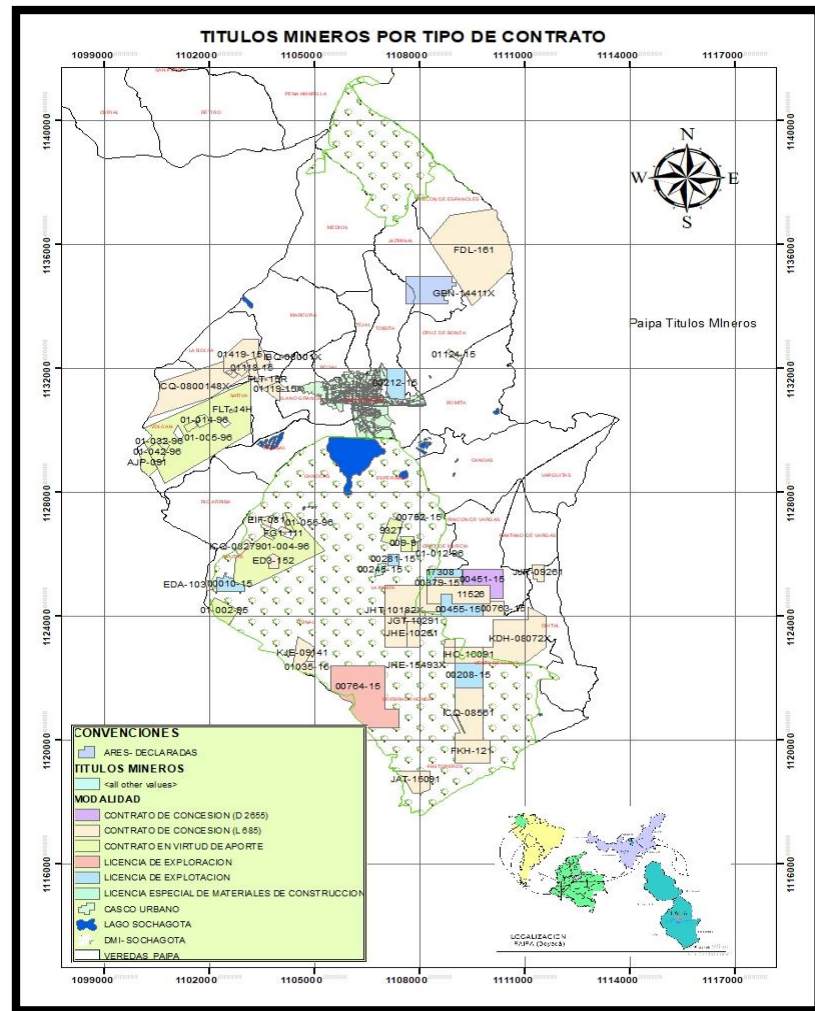


## **Ubicación de títulos mineros por tipo de contrato en el DMI**

Los títulos mineros suscritos para diversos minerales y bajo modalidades y épocas diferentes, se encuentra total o parcialmente relacionados con el área declarada como (DMI), según se puede observar en el mapa 1, como resultado de la metodología propuesta.

**Mapa 1.**

*Títulos Mineros por tipo de contrato*

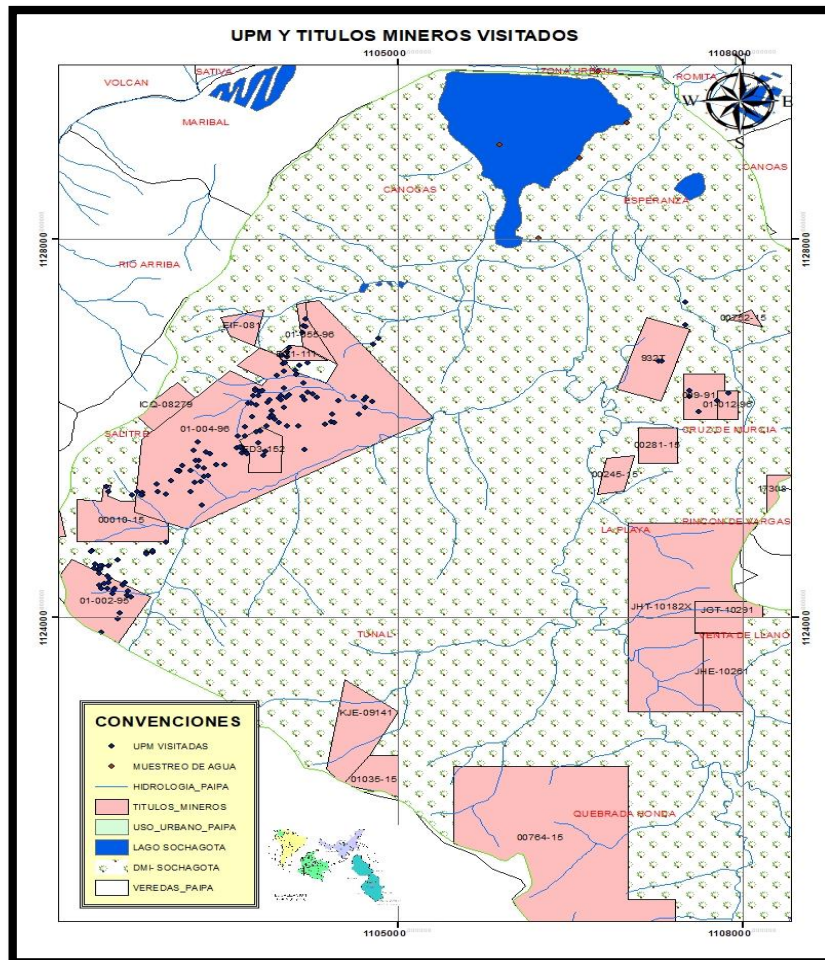


Fuente: Autor. Generado en el software QGIS

Durante el primer trimestre del año 2019, fueron visitados títulos mineros y (UPM) para los minerales concesionados y directamente relacionados con el DMI Sochagota.

### Mapa 2.

*UPM y Títulos Mineros Visitados*



Fuente: Autor. Generado en el software QGIS

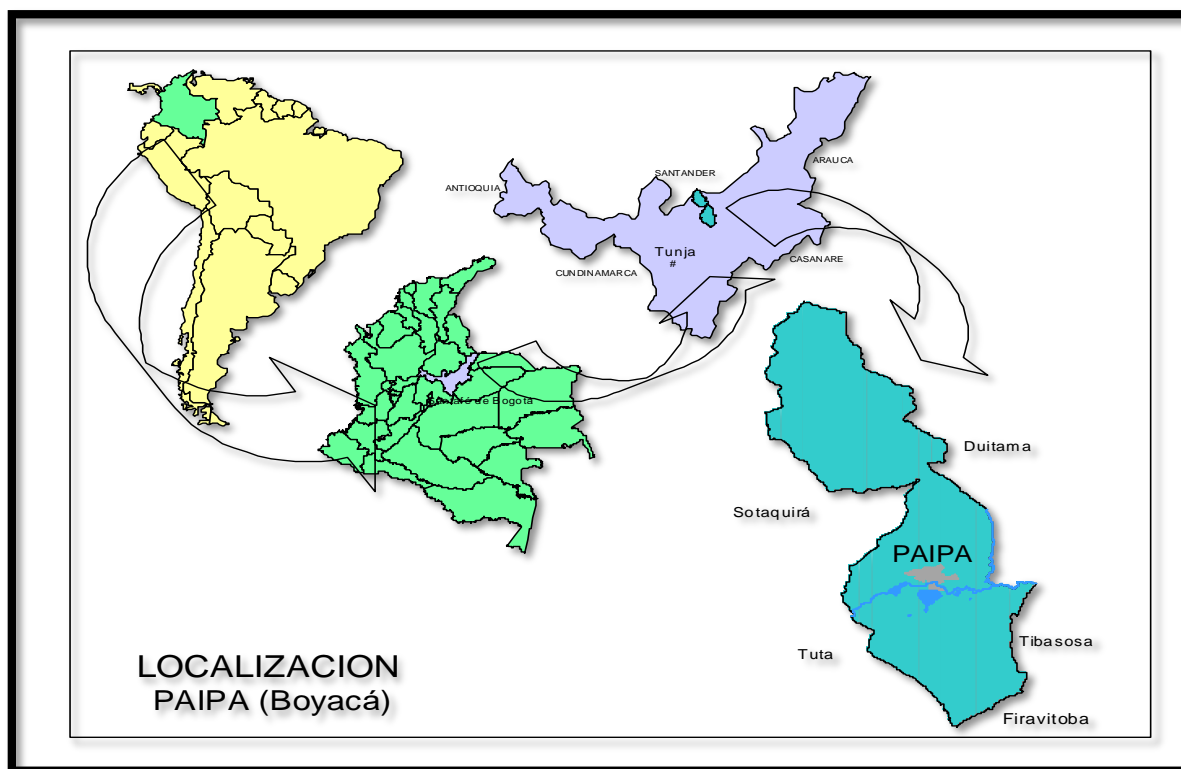
## Marco teórico y de referencia

### Localización

El presente estudio se localiza en el municipio de Paipa, provincia de Tundama, departamento de Boyacá- Colombia. (ver figura 1).

**Figura 1.**

*Localización Municipio de Paipa*



Fuente: Autor. Generado en el software QGIS (*Sin Escalar*)

El municipio de Paipa está localizado en la parte centro oriental del País y noroccidental del departamento de Boyacá a 2525 metros sobre el nivel del mar (msnm), y con una extensión superficial de 395 Km<sup>2</sup> en el denominado el valle de Sogamoso, dista aproximadamente 184

Km de Bogotá y 40 Km de Tunja Su cabecera municipal se encuentra a los 5°46' 44" de latitud norte y 73° 07' 7" de longitud oeste. Con una precipitación promedio anual de 944 mm y una temperatura ambiente de 13 °C, abarcando una extensión territorial de 30.592, 41 ha.

El área ocupada por el municipio, forma parte de la cuenca alta del río Chicamocha, y del corredor industrial de Boyacá. Morfológicamente su territorio de norte a sur, presenta tres regiones a saber: media falda con colinas y páramos al norte; un plano inclinado con aguas freáticas superficiales y un área pantanosa, el cual hace parte del pantano de Vargas, donde proliferan aguas termominerales. La red hidrográfica está conformada por el río Chicamocha, las Quebradas Valencí, El Rosal y el Lago de Sochagota, alimentado este último por la Quebrada El Salitre.(Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2005)

### **División Política administrativa de Paipa.**

El municipio presenta como divisiones administrativas el sector urbano (acuerdo municipal No. 064 de 1995) y el sector rural conformado por treinta y ocho (38) veredas (acuerdo municipal No. 058 de 1995) y el denominado corregimiento de Palermo. (ver figura 2).

**Figura 2.**

*División política del municipio de Paipa.*



Fuente: Autor. Generado en el software QGIS (*Sin Escalar*)

### **Hidrología.**

En las áreas mineras del municipio de Paipa la distribución de las aguas superficiales se realiza a lo largo del río Chicamocha como principal red hidrográfica de esta parte de la región.

Del sector carbonífero de El Salitre y Cruz de Murcia el principal captador de las aguas es la quebrada Honda o río Salitre el cual vierte sus aguas al río Chicamocha, sus principales afluentes son las quebradas de Canocas, El Hospital, Santa Rita, Olitas, El Tunal, Pan de Azúcar y Agua Tibia, las cuales, sirven de drenaje para todo este sector sur del municipio de Paipa y parte norte del municipio de Tuta (Bernet et al., 2016).

Del sector carbonífero de El Volcán y Jazminal el principal captador es el río Chicamocha siendo sus principales afluentes las quebradas El volcán, Patio Bonito, Zanjón del Biscocho, Chuscal y Barronegro, sirven de drenaje a la parte norte de la zona carbonera de Paipa (Mojica & Mariño, 2013a).

En general estas redes hidrográficas del sector carbonífero de Paipa corresponden a un área seca, el municipio no presenta un caudal abundante durante todo el año, solamente en tiempo de invierno. La red de drenaje es densa y presenta patrones de drenaje tipos subdendrítico y paralelo.

### **Geología e hidrogeología**

La geología de Paipa es diversa, para este apartado fue analizando el mapa geológico de Boyacá, algunos trabajos realizados por el servicio geológico colombiano y la consulta de algunos documentos denominados Plan de trabajo y Obras (PTO), para minería de carbón.

De esta manera se tienen las siguientes formaciones:

#### ***Formación Palermo***

Caracterizada por conglomerados, shales y areniscas interestratificadas. Su disposición estructural conformando el núcleo del anticlinal de Palermo no es favorable para la acumulación de aguas subterráneas de potencial explotación.

### ***Formación Montebel***

Está compuesta de shales, limolitas y areniscas arcillosas. Capas dispuestas en los flancos del anticlinal de Palermo. Limolitas y areniscas de alta compactación y baja porosidad y moderada permeabilidad. Unidad de baja retención de aguas subterráneas.

### ***Formación La Rusia***

Compuesta de areniscas finas, areniscas conglomeráticas y limolitas. Conforman capas superiores del anticlinal de Palermo. La litología arenosa presenta alta litificación, baja permeabilidad y está dispuesta en capas alternantes. Favorabilidad muy baja.

### ***Formación Arcabuco***

La Formación Arcabuco está compuesta por areniscas cuarzosas e intercalaciones de shales. Las areniscas presentan porosidad buena. Disposición favorable en el Sinclinal de los Medios.

Unidad de potencialidad baja puesto que no presenta disposición de capas infra y suprayacentes impermeables.

### ***Formación Ritoque***

Unidad constituida por limolitas y calizas. Dispuesta en el núcleo del Sinclinal de los Medios. La baja porosidad de calizas y limolitas no son favorables. Unidad de bajo potencial.

### ***Formación Los Medios***

Unidad compuesta en su miembro superior por conglomerados, areniscas conglomeráticas y limolitas. El miembro inferior está compuesto por limolitas principalmente. Características físicas desfavorables de porosidad y permeabilidad.



### ***Formación Une***

Está compuesta por areniscas e intercalaciones de shales. Litología favorable, pero ausencia de capas impermeables. Potencial hidrogeológico muy bajo.

### ***Formación Churuvita***

Unidad compuesta por areniscas, arcillolitas, calizas intercaladas, shales y limolitas. Areniscas favorables para aguas subterráneas. Algunos niveles de areniscas porosas y permeables entre capas de arcillolitas podrían potencialmente contener aguas subterráneas. Potencial general de la unidad bajo.

### ***Formación Conejo***

La Formación Conejo conformada principalmente por areniscas con algunas intercalaciones de shales, limolitas y algunas calizas. Potencial hidrogeológico moderado a alto.

### ***Formación Plaeners***

Unidad compuesta por chert, lutitas muy fracturadas e intercalaciones de arcillolitas. Presenta características físicas de porosidad y permeabilidad de alta potencialidad especialmente en áreas de alta densidad de fracturas y/o zonas de falla.

### ***Formación Labor y Tierna***

Esta Formación está caracterizada por presencia de gran volumen de areniscas puras de alta porosidad y permeabilidad, con algunas intercalaciones de shales. Se califica esta unidad como de alto potencial hidrogeológico.

### ***Formación Guaduas***

Unidad con predominancia de arcillolitas con intercalación de areniscas y mantos de carbón. Las areniscas entre capas impermeables de carbón y arcillolitas sugieren posibilidad de acuíferos

confinados. Esta Formación presenta aguas subterráneas detectadas en las explotaciones actuales de carbón. Potencial bajo a medio como reservorio de aguas subterráneas.

### ***Formación Bogotá***

La Formación Bogotá presenta importantes niveles de areniscas porosas, baja a moderada permeabilidad y baja transmisividad, constituyendo una unidad de potencial alto como acumulador de aguas, pero con bajas posibilidades de explotación. Potencial general de la unidad bajo.

### ***Formación Tilatá***

Unidad con alternancia de gravas, arcillas, conglomerados y areniscas. Predominan las arcillas lo cual descarta la unidad como reservorio de buena potencialidad.

### ***Depósitos aluviales (Cuaternario)***

Estos depósitos constituidos por arcillas, limos y arenas constituyen depósitos heterométricos donde la predominancia de materiales determina una unidad no favorable para la acumulación de aguas subterráneas. Potencial general bajo.

### ***Abanicos aluviales (cuaternario)***

Unidad constituida por depósitos de baja consolidación incluyendo gravas, arenas y arcillas. La predominancia de gravas y arenas cuando se encuentran suprayaciendo arcillas sugieren buenas posibilidades de aguas subterráneas como acuíferos inconfiados.

### ***Cuaternario sin diferenciar***

Esta unidad está compuesta principalmente por depósitos de talud con mezcla de materiales heterométricos de arenas, gravas, bloques y arcillas. Calificación general baja como reservorios de agua subterránea.

## Ecosistemas estratégicos

El municipio de Paipa presenta rangos altitudinales que determinan algunos ecosistemas estratégicos y áreas para conservación especial que comparte con otros municipios como Duitama y Tibasosa en la categoría de Parque Natural Municipal (PNM) o Distrito de Manejo Integrado (DMI), los cuales se caracterizan por soportar las diferentes manifestaciones de vida, mantiene el equilibrio y procesos ecológicos esenciales, como el agua, el suelo, regulación del clima, capturan gases de efecto invernadero, son sumideros de externalidades, regulan el ciclo hidrológico y ayudan a mantener la biodiversidad, así encontramos bosques altoandinos, subpáramo, y paramo que alberga endemismos vegetales como la *Espeltia paipana*, *Quercus humboldtii*, (V. Escobar & Palacio, 2010) o especies de aves en peligro como *Gallinula melanops*. (Manrique-Abril et al., 2019). (ver cuadro 1).

El área de subpáramo está ubicada entre los 3000 y 3500 msnm, haciendo parte de las veredas Rincón de Españoles, medios y El Retiro, esta misma zona guarda relación con el denominado bosque protector, demarcada dentro de la “zona de interés público y declarada área de reserva forestal”, según acuerdo No. 009 de 1996. Cubre una superficie de 2176.06 ha.

**Tabla 1.**

Áreas naturales declaradas					
TIPO DE ÁREA NATURAL DECLARADA	TIPO DE RESOLUCIÓN	TIPO ÁREA	ENTIDAD RESPONS ABLE	CATEGORIA LEY	ÁREA en ha
PARQUE NATURAL	Ac. 06 de 2010 Concejo Municipal	Municipal	Municipio De Duitama	PNM**	8395,11

<b>MUNICIPAL</b>						
<b>(SIMAP*)</b>						
<b>PARQUE</b>						
<b>NATURAL MUNICIPAL</b>	Ac. 06 de 2010 Concejo Municipal	Municipal	Municipio De Duitama	PNM**	1179,7	
<b>(SIMAP*)</b>						
<b>PARQUE</b>						
<b>NATURAL MUNICIPAL</b>	Ac. 034 de Dic De 2004 Concejo Municipal	Municipal	Municipio Paipa	PNM**	756,24	
<b>(SIMAP*)</b>						
<b>DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO</b>	Ac 24 De 1986 Inderena - Res 262 De 1986 Minagricultura - Ac. 11 de 2011 Corpoboyacá	Regional	Minagricultura	DMI***	8244,56	

---

**\*Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SIMAP)**

**\*\*Parque natural Municipal (PNM)**

**\*\*\*Distrito de Manejo Integrado (DMI)**

Como zonas de amortiguación, se han declarado con categoría protectora, productora, que hacen parte también de la reserva forestal creada según acuerdo No. 009 de 1996, hasta la Cota 2800 msnm; bajo la categoría de bosques con función protectora y nacederos de agua, han sido delimitadas áreas en los sectores de la Vereda Marcura y Venta de Llano (Alto Los Godos).

Las áreas de ronda de ríos como el río Chicamocha se determinó en 40, así mismo, para el lago de Sochagota existe una zona de amortiguación de 40 m. Para los cauces secundarios, las rondas sugeridas son de 30 m., a lado y lado. En total las rondas cubren una superficie de 2030.16 ha,

magnitud que puede variar de acuerdo a la aplicación considerando la problemática de los pobladores que habitan en la cercanía de los ríos.

Han sido considerados ecosistemas estratégicos los humedales tanto naturales como artificiales puesto que prestan importantes servicios a la sociedad y soportan procesos biofísicos de gran significación con las cuencas hidrográficas, siendo disipadores de energía y comportándose como espejos de agua para aves reptiles, anfibios y otros organismos.(Manrique-Abril et al., 2019), existen además en la Vereda la Esperanza, tres áreas de 16.28 ha con características de humedales que han cambiado en el tiempo y en el espacio por el crecimiento suburbano. Los bosques nativos y las coberturas de paramo están relacionadas con el complejo de paramos Guantiva la Rusia en el sector el Venado, Palermo y Guacamayas.

Teniendo en cuenta las descripciones anteriores, los ecosistemas estratégicos, sin considerar los bosques, cubren una superficie de 6.397.36 ha que representan el 20.91% del área total municipal.

### **Minería y territorio**

La expresión pública sobre la actividad minera en Colombia, demostrada por las consultas al constituyente primario en los últimos años en varios municipios, muestra la profunda crisis que atraviesa la actividad, por un clamor social objetivo, que intenta proteger la función hídrica y de soporte de los ecosistemas, que esta industria intentaba subordinar mediante el ejercicio de las leyes mineras en los territorios andinos principalmente. Continuar con esta metodología históricamente aceptada, reproduce un punto de partida desafortunado para el país, por cuanto se cierra la posibilidad para que su población, ecosistemas e instituciones logren trabajar como equipo en una actividad importante para el desarrollo socio-económico y la coexistencia

territorial de pobladores, planes, obras, proyectos y actividades, que no podrá darle la espalda a los ecosistemas y volverse extractivismo a la fuerza.(Vélez-Torres & Ruiz-Torres, 2016) Las experiencias del último medio siglo en América Latina, muestran la inconveniencia de este camino y por el contrario una ruta de profundización de conflictos sociales y ambientales que originan desacuerdos, pobreza, desertización y violencia (Goebel et al., 2014).

### **Titularidad Minera.**

Desde el punto de vista jurídico y técnico económico, en Colombia se tiene que la minería formal es aquella que realizan particulares o empresas legalmente constituidas, que poseen un título minero e instrumento ambiental con sus respectivos permisos para ejecutar labores de exploración, explotación y las demás actividades del proyecto minero. De igual manera pagan las contraprestaciones económicas, de seguridad social, llevan contabilidad, adelantan gestión y seguridad en el trabajo, entre otras y pueden utilizar medios mecánicos o de alta tecnología para sus procesos.(Ministerio de Minas y Energía, 2014) En contraposición la minería Informal, es aquella ejercida por particulares sin constitución legal, que no tienen o demuestran registros contables, pagos de regalías entre otros aspectos tributarios, a este tipo de minería, le está prohibido el uso de maquinaria para explotación y beneficio de minerales (Manrique-Abril, 2016).

La minería ilegal es aquella que se realiza sin el amparo de título minero o sin permiso del titular, al no poseer título o contrato de operación, no puede solicitar licencia ambiental, tampoco podrá afiliar trabajadores, lo que lo deja en una situación de alto riesgo frente a los compromisos mineros, ambientales y de responsabilidad social, este tipo de minería causa enormes impactos ambientales y utiliza de manera clandestina insumos y maquinaria para su

beneficio.(Procuraduría General De La Nación, 2010) La minería legal, por su parte ha sido considerada como aquella que cumple con los máximos estándares exigidos por las diferentes autoridades nacionales en materia minera, ambiental y contractual, que además tiene registro minero nacional, goza de los beneficios económicos y contraprestaciones que van desde inversión del estado hasta subvenciones y prerrogativas de los contratos mineros.(Andrade et al., n.d.) Con la ley 685 de 2001 y posteriormente en el año 2010 con la ley 1382, (la cual fue declarada inexecutable pero retomada en algunos puntos en la resolución 933 del Ministerio de Minas), se dio paso a dos procesos denominados formalización y legalización de la actividad minera, trayendo consigo un nuevo tipo de minería a la que se le denominó de subsistencia, que recogía mineros tradicionales, de hecho y ancestrales. La característica fundamental de este tipo de minería es que es realizada por medios rudimentarios, sin tecnología, de forma solitaria o asocio de familias, cuyos ingresos son de economía de subsistencia, ejemplo de ello está el barequeo y las explotaciones de arcilla, arenas, rechos y piedra como materiales de construcción (Ibáñez & Laverde, 2012).

Colombia en el año 2019 registraba 9.602 títulos mineros en su territorio para diferentes tipos de minerales, mientras en el departamento de Boyacá existen 1.574 títulos mineros de los cuales 598 corresponden a carbón, que junto a los demás títulos cuentan con una superficie de 318.637 ha, equivalentes a un 14% de la superficie del departamento. En etapa de exploración se encuentra el 36%, un 29% en construcción y montaje, y el 35% en fase de explotación, concesionados en la modalidad de licencias de explotación, licencias especiales para materiales, contratos en virtud de aporte, licencias temporales, contratos de concesión y áreas de reserva especial (Agencia Nacional de Minería, 2018). (Ver gráfico 1).

## **Distrito De Manejo Integrado Sochagota**

En el año de 1986, mediante acuerdo número 24 y resolución 262 de septiembre 9 de 1986 expedida por el Ministerio de Agricultura y modificada por el acuerdo 011 del 26 de agosto de 2011 por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, se declara el Distrito de Manejo Integrado, Lago Sochagota y cuenca hidrográfica que lo alimenta (DMI), con una extensión de 8.244,56 ha, dando cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010 en el que se establece: "...La reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción de los Distritos de Manejo Integrado que alberguen ecosistemas estratégicos en la escala regional, corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, a través de sus Consejos Directivos, en cuyo caso se denominarán Distritos Regionales de Manejo Integrado" (Corpoboyacá, 2019).

### ***Lago Sochagota***

El Lago Sochagota se clasifica ecológicamente como un ecosistema léntico o lacustre de agua inmóvil, construido para diferentes fines en el año de 1956, ocupa un área de inundación de 163 ha, un perímetro aproximado de 6250 metros, capaces de almacenar un volumen de agua de 4.557.000 metros cúbicos; presenta una batimetría media de 2.70 metros y máxima de 3.1 metros de profundidad; en este primer metro de profundidad puede llegar a tener 1.623.000 metros cúbicos, esto quiere decir que por cada centímetro de agua que se pierde o se baja el nivel el embalse disminuye 16.230 metros cúbicos de agua (Barco 2010), es alimentado por la parte sur principalmente por la quebrada el salitre la que sigue un patrón dendrítico en su recorrido y alimenta con sus aguas en los 5°45'10.68" Norte y 73°07'6.29" Este; de igual manera recibe aguas en la parte occidental y noroccidental a través de patrones de drenajes subdendríticos



coordenadas 5°46'07.36" Norte y 73°07'33.74" Este y drenajes combinados en la parte sur del Lago, en donde sobresalen vertimientos de agua superficiales tipo geotermales en las coordenadas 5°45'39.44" Norte y 73°06'54.18" Este (Fallis, 2013).

Por sus condiciones lenticas, es susceptible a la acumulación de sólidos y presentar fenómenos de eutrofización, de igual manera por la baja circulación de oxígeno, desarrolla termoclina, el agua caliente está en superficie y el agua fría en la parte profunda donde falta el oxígeno formando una estratificación y una dinámica poblacional de organismos; situación que cambiaría al mezclar estas dos aguas permitiendo la oxigenación de la misma.

La morfología presentada en el lecho o fondo del Lago es relativamente plana los sedimentos encontrados son de densidades medias, ocasionado su sedimentación y a la vez permitiendo su movimiento en el agua, estos lodos pueden alcanzar hasta 50 cm de espesor en un gran porcentaje del lago, ya que otro tipo de sedimentos fueron encontrados en la parte sur del Lago en donde afloran bancos de arenas con movimiento dendrítico medio de aguas termominerales, de igual forma se pudo evidenciar sedimentos tipo arenoso arcillosos, con presencia de partículas de granulometría baja de carbón, en la parte de confluencia de la quebrada salitre y el Lago Sochagota (Díaz 2015)

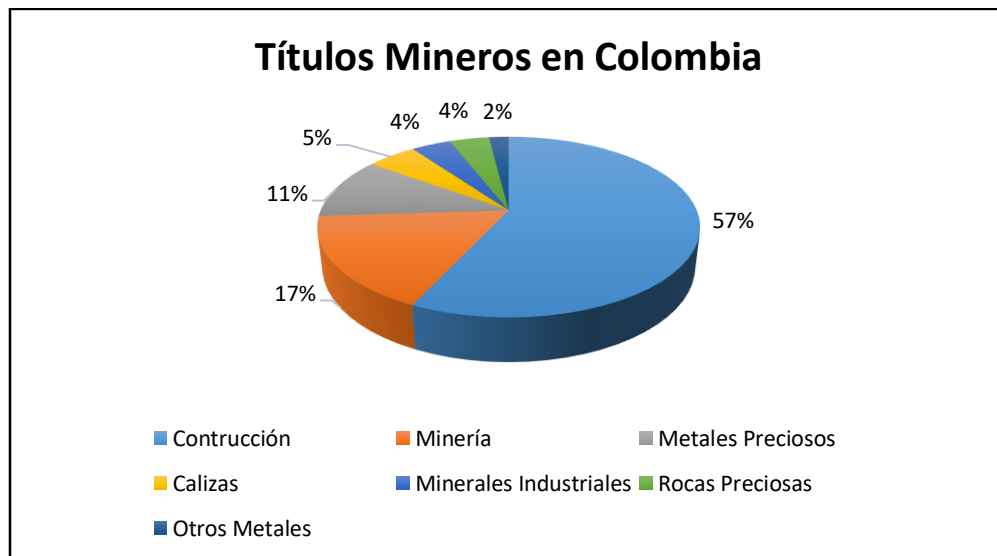
### **Aplicación del SIG en el Ordenamiento Minero y Ambiental.**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido una herramienta para el análisis y ordenamiento del territorio, en donde se busca la compatibilidad del medio biofísico, social y el desarrollo de las actividades económicas (Leff, 2005). Estos permiten establecer relaciones de territorialidad entre minería y demás aspectos sociales, ecológicos, influencia directa o indirecta con acuíferos, ecosistemas estratégicos, áreas de conservación de recursos hídricos, la definición

de la estructura ecológica principal. (Remolina & Fernando, 2006), consolidar determinantes ambientales y establecer directrices para la formulación de estrategias, políticas públicas y proyectos dentro de planes ambientales, los Planes Básicos De Ordenamiento Territorial (PBOT), Esquemas De Ordenamiento Territorial (EOT) y Planes de Ordenamiento Territorial (POT) municipales al igual que los planes de desarrollo que serán la base para las regiones (Fernández & Del Río, 2012; Rojas Lazo, 2016).

**Gráfico 1.**

*Títulos Mineros en Colombia*



Fuente: Autor.

**Índices de contaminación (ICO)**

Los índices de contaminación ICO permiten determinar la calidad del agua mediante la asignación de variables de contaminación entre cero y uno dependiendo de los rasgos o

características presentes en el sitio de estudio, teniendo en cuenta que los valores correspondientes a cero muestran que no hay ningún tipo de contaminación y los valores iguales a uno muestran el valor máximo de contaminación.

Con los parámetros medidos es posible determinar el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice de calidad del agua (ICA) los cuales se tendrán en cuenta para el desarrollo del presente estudio (Jiménez & Vélez, 2006).

### **Metodología**

La metodología aplicada en el presente estudio es de tipo descriptivo, y está dividida en tres fases; la primera fase de recolección de información, la segunda de campo y finalmente una de laboratorio y análisis. A continuación, se explican cada una de ellas.

#### **Recolección de Información.**

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó la revisión bibliográfica y visitas de campo a cada título minero en donde se aplicó un instrumento para evaluar los componentes biofísico y sociales de las áreas concesionadas y al área total del DMI, de igual forma fue consultado el Catastro Minero Colombiano (CMC) de la Agencia Nacional de Minería (ANM) y el aplicativo denominado Sistema Integral de Gestión Minera (ANNA), a fin de compilar la información de los títulos mineros, del mismo modo fue consultado el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) Municipal y los expedientes mineros y de áreas de reserva natural del sistema regional de áreas protegidas (SIRAP), en la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACA), al igual que el aplicativo sistema único de expedientes (SIUX). Se

consultaron las bases de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), y diferentes bases de datos en las que podemos citar Elsevier, Google scholar, Scopus, Scielo, ProQuest desde la biblioteca de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y gestores bibliográficos como Mendeley.

### **Fase de campo.**

Con el análisis de la información compilada y elaborados los planos de referencia que permiten visualizar la ocupación y estructura de los títulos mineros dentro del DMI, como se plantea en el objetivo número dos, se aplican los protocolos de muestreo y análisis, se procedió a realizar cinco salidas de campo entre los meses de febrero y marzo del año 2020; distribuidas una para muestreo en el lago Sochagota, tres para minería subterránea y una para minería a cielo abierto a los diferentes títulos mineros con el fin de georreferenciar las UPM activas en cada concesión y describiendo el estado de la titularidad, licenciamiento ambiental y los diferentes permisos ambientales, registros fotográficos y datos de las condiciones ambientales de igual forma se tomaron cinco (5) muestras e diferentes lugares del lago Sochagota para su posterior análisis físico químico y bacteriológico, siguiendo la metodología del IDEAM publicado en el año 2018,(IDEAM, 2018) dentro de los parámetros analizados están; temperatura, pH, dureza, alcalinidad, olor y oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, sólidos totales, sólidos disueltos, demanda bioquímica de oxígeno, color, conductividad, turbiedad, coliformes totales y fecales para la construcción de los índices de contaminación (ICO), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS) e índice de calidad de agua (ICA).

## **Fase de laboratorio y organización de visor cartográfico.**

Algunas de las muestras colectadas del lago Sochagota, fueron analizadas siguiendo los estándares nacionales y metodología del IDEAM y las normas NTC para tal fin, mediante la ayuda de instrumentos del laboratorio suministrados por la empresa INGEOTER y del grupo de Investigación en medio ambiente y desarrollo GIMAD. Para la adecuación del visor cartográfico se imágenes satelitales descargadas del IGAC, Oficina de Planeación de Paipa, ANM a través de ANNA minería, Secretaría de Minas, y otras fuentes con lo cual se elaboró una base de datos para su análisis con ayuda del software libre QGIS a fin de construir un sistema de información y la cartografía del área de estudio para finalmente relacionar, tanto la información del análisis cartográfico, los resultados obtenidos en laboratorio y la incidencia socioeconómica en el área de estudio

## **Materiales y equipos**

Disco extraíble, equipos de cómputo, impresora, papel, software, vehículo tipo campero, equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) marca Garmin Etrex 20, cámara fotográfica marca CannonSX 400IS, pH metro marca Hanna, Conductímetro y TDS modelo TDS2-A, Fotómetro marca HANNA modelo HI83399, Bloque térmico, reactivos y estándares para dureza y alcalinidad marca HANNA, libreta de apuntes, casco de seguridad, protector auditivo y visual, mascarillas respirador 3m con filtro 2097, overol y botas de seguridad, guantes de carnaza, libreta de apuntes, frascos de 500 ml ámbar para toma de muestras, nevera portátil.

## **Resultados**

### **Descripción del área de influencia del DMI Sochagota desde el componente biofísico y social.**

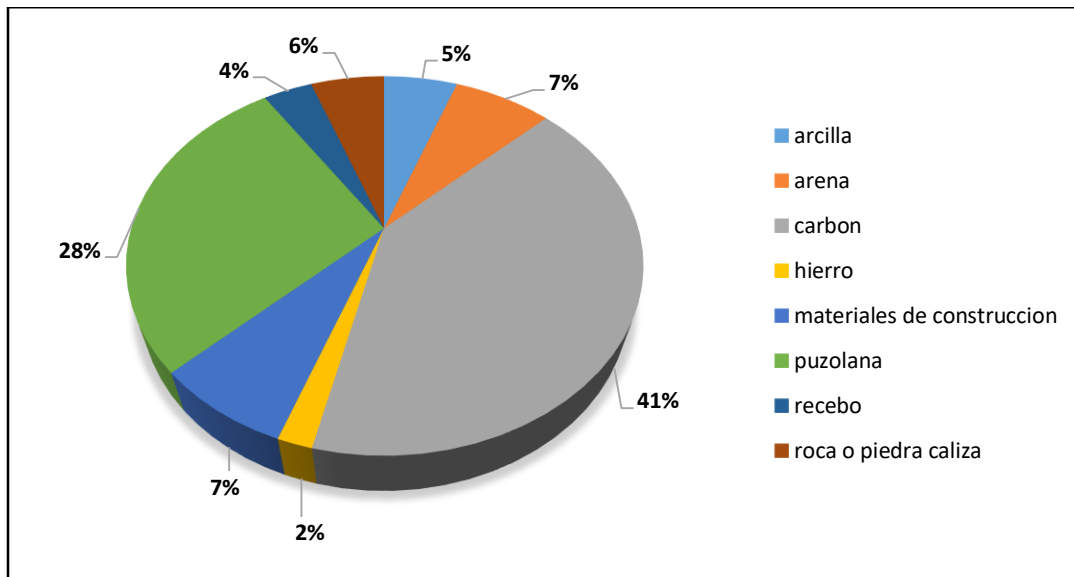
El área de influencia del Distrito de Manejo Integral del lago Sochagota, se caracteriza por contar por una red hidrográfica en donde se destaca la quebrada El Salitre o quebrada Honda, la cual alimenta al lago. El área a primera vista se dedica a la ganadería extensiva y a cultivos de frijol, haba, maíz, papa y arveja principalmente, aunque las actividades económicas de minería se enfocan en la extracción de carbón y en menor medida de carbón, puzolana, arenas y arcillas. También se explotan materiales mixtos para construcción.

### **Estructura de la titularidad minera en Paipa que ocupa áreas del DMI Sochagota.**

El municipio de Paipa cuenta con 55 títulos mineros que corresponden al 3,43% del total departamental, con una extensión de 3.944.4 ha; 14 títulos para mediana minería y 41 títulos para pequeña minería, adjudicadas para la explotación y beneficio de carbón (térmico, metalúrgico), roca, piedra caliza, antracita, puzolana, granito, basalto, areniscas, arenas arcillosas, arenas feldespáticas, gravas silíceas, recebo, mica, perlita sin dilatar, minerales de hierro y sus concentrados. Dichos minerales se pueden agrupar en 9 categorías, de acuerdo a la solicitud realizada por los titulares que corresponden al 41% de carbón, 28% para puzolana 7% de arena y materiales para construcción, 6% para piedra o roca caliza, 4% para recebo y un 2% para hierro.

**Gráfico 2.**

*Porcentaje de Títulos por Tipo de Minerales extraídos en el municipio de Paipa.*

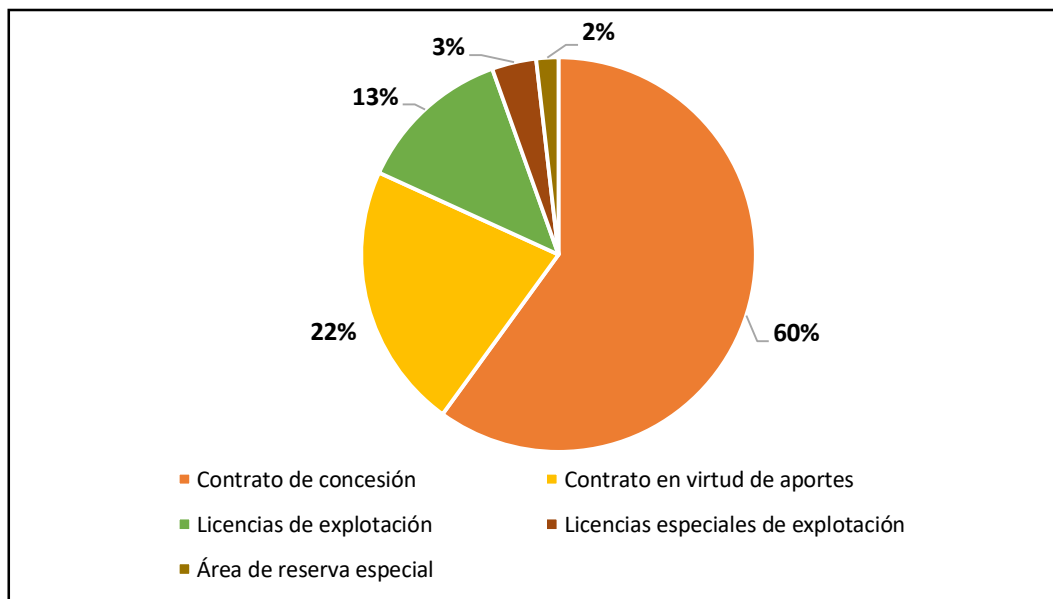


Fuente: Autor

De igual forma y de acuerdo al tipo de contrato o título minero el municipio de Paipa tiene diferentes modalidades de acuerdo a la legislación vigente del año en que fueron aprobadas las solicitudes.

**Gráfico 3.**

*Porcentaje de Títulos Vigentes en el municipio de Paipa*



Fuente: Autor

EL 60% de los títulos vigentes en el municipio de Tuta, corresponden a contrato de concesión, el 22% contrato en virtud de aportes; 13% son licencias de explotación, 3% son licencias especiales de explotación y un 2% corresponden a áreas de reserva especial.

En relación a la licencia ambiental y de acuerdo a la revisión realizada ante la autoridad ambiental CORPOBOYACA, se encontró que de 55 títulos vigentes en el Municipio 33 poseen algún tipo de instrumento ambiental entre los que se cuentan, 19 Planes de Manejo Ambiental relacionados directamente con 11 contratos en aportes, 7 licencias de explotación y 2 licencias especiales de explotación, los restantes 14 instrumentos corresponden a licencias ambientales.



**Tabla 2.**

Títulos Mineros con instrumento Ambiental Vigente			
<b>Titular</b>	<b>Tipo De Proyecto</b>	<b>Municipio</b>	<b>Tipo De Instrumento Ambiental (Licencia Ambiental O Plan De Manejo)</b>
<b>Cemex Colombia S. A</b>	Minería Puzolana	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Cemex Colombia S. A</b>	Minería Puzolana	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Cemex Colombia</b>	Explotación De Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Cooperativa Agrominera Multiactiva De Paipa</b>	Explotación De Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Cooperativa Agrominera Multiactiva De Paipa Ltda</b>	Minería De Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Luis Alejandro Neissa</b>	Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Minas Paipa I Limitada</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Efraín Fonseca Zanguña, Orlando Fonseca, Cristóbal Fonseca</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Rafael Antonio Camargo Salamanca</b>	Materiales De Construcción	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Isabel Camargo Meléndez Edilberto Molano Vega</b>	Materiales De Construcción	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Eleuterio Mateus Mateus Y Guillermo Mateus Mateus</b>	Explotación De Carbón	Paipa	Licencia Ambiental

<b>Nelida Rosa Martínez Niño, Ludovina Rodríguez Castro</b>	Explotación De Materiales De Construcción	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Olegario Pulido Alba</b>	Materiales De Construcción	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Luis Alejandro Fernández Álvarez</b>	Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Sociedad Minera De Pantoja S.A.</b>	Materiales De Construcción - Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>José De Jesús Rojas Granados</b>	Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Olegario Pulido Alba</b>	Extracción Materiales De Construcción	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Sociedad Servicios Y Productos Ltda</b>	Explotación De Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Milton Arnulfo García Salcedo</b>	Explotación De Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Rosa Elvira Rojas Becerra Y Rafael Rojas Becerra</b>	Puzolana	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Efraín Fonseca Fonseca Y Heliodoro Fonseca Rodríguez</b>	Carbón	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Luis Enrique Cruz Cristóbal Chaparro</b>	Carbón	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Rodríguez Y Carlos Alberto Cárdenas León</b>	Carbón	Paipa	Licencia Ambiental
<b>Jaime Enrique Acevedo Ospina</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental

<b>José Ismael Acosta Pedraza Y Otros Avellaneda Hurtado</b>	Recebo	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Ricardo Y Zanguña Fonseca Jorge</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Jose Aristelio Garzón Rodríguez</b>	Recebo	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Reinaldo Sanabria Sánchez</b>	Arena	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Pedro Corredor Salcedo_Ochoa Ostos</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Segundo Nemesio Eduardo Ochoa Y Ramón</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Rodríguez</b>			
<b>Anastasio Ochoa Ruiz</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Cesar Augusto Rodríguez Rodríguez</b>	Carbón	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Ladrillos El Zipa Ltda_Jose Mauricio</b>	Arcilla	Paipa	Plan De Manejo Ambiental
<b>Iguavita Bohórquez</b>			

---

Fuente: Recuperado de la Agencia Nacional Minera (ANM). 2020

En relación con los títulos mineros que se encuentran dentro del Distrito de Manejo Integral que comprenden a la protección del lago Sochagota, se encuentran 31, ocupando una extensión de 1.878,49 ha, 23 títulos son de pequeña minería y 8 de mediana, no se registra ninguna explotación a gran escala.

**Tabla 3.***Títulos Mineros en el municipio de Paipa Boyacá*

<b>Expediente</b>	<b>Modalidad</b>	<b>Área</b>	<b>Estado</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Etapas</b>	<b>Titular (Es)</b>
Fg1-111	Contrato De Concesión (L 685)	4,4495	Activo	Pequeña	Explotación	(27646) Eduardo Ochoa Patiño, (25632) Fonseca Ramón Rodríguez (16143) Ana Roció Vargas Bernal,
00010-15	Licencia De Explotación	35,8640	Activo	Pequeña	Explotación	(27988) Luis Alejandro Neissa Hornero
00245-15	Licencia Especial De Materiales De Construcción	8,6330	Activo	Pequeña	Explotación	(44925) Nelson Camargo Buitrago
Jhe-15493x	Contrato De Concesión (L 685)	15,00255	Activo	Pequeña	Explotación	(46326) Milton Arnulfo García Salcedo
17308	Licencia De Explotación	29,46237	Activo	Pequeña	Explotación	(22504) Cemex Colombia S.A.

						(11473) Sociedad De Minas El Triunfo Ltda, (40992) Sociedad De
01-002-95	Contrato En Virtud De Aporte	157,33064	Activo	Mediana	Explotación	Minas Santa Rita Ltda, (41626) Sociedad Minas La Primavera Limitada
Ed3-152	Contrato De Concesión (L 685)	13,17447	Activo	Pequeña	Explotación	(19555) Pedro Corredor Salcedo, (18380) Segundo Nemesio Ochoa Ostos
01035-15	Contrato De Concesión (L 685)	14,39722	Activo	Pequeña	Explotación	(38950) Jose Aristelio Garzón Rodríguez, (38949) María Aurora Rodríguez Quitano
00281-15	Licencia De Explotación	12,91995	Activo	Pequeña	Explotación	(63389) Grupo Comercial Atlantis Ltda
00752-15	Licencia Especial De Materiales De Construcción	2,25375	Activo	Pequeña	Explotación	(32336) Nélide Rosa Martínez Niño

Kdh08072x	Contrato De Concesión (L 685)	227,1982	Activo	Mediana	Explotación	(12445) Sara Azucena Parra López
Eda-103	Contrato De Concesión (L 685)	5,77848	Activo	Pequeña	Explotación	(36262) Alfonso Ruiz Molano, (35779) Salvador Ruiz Díaz
932t	Contrato En Virtud De Aporte	31,99735	Activo	Pequeña	Construcción y Montaje	(20277) Sociedad De Minas Paipa I Limitada
Jhe-10262x	Contrato De Concesión (L 685)	7,22617	En Proceso De Liquidación		Explotación	(45804) Nancy Silva Pérez, (43850) Rafael Rojas Becerra
01-012-96	Contrato En Virtud De Aporte	5,35208	Activo	Pequeña	Explotación	(18190) Efraín Fonseca Fonseca, (29944) Heliodoro Fonseca Rodríguez
Jgt-10291	Contrato De Concesión (L 685)	16,82710	Activo	Pequeña	Explotación	(21192) Minera De Pantoja S.A.

Iho-16091	Contrato De Concesión (L 685)	42,05402	Activo	Mediana	Explotación	(43850) Rafael Rojas Becerra, (43550) Rosa Elvira Rojas Becerra (29973) Cooperativa Agrominera Multiactiva De Paipa Ltda Cooagromin, (41362) Precoperativa
01-004-96	Contrato En Virtud De Aporte	271,6997	Activo	Pequeña	Explotación	Pozo Hondo Ltda, (41955) Sociedad De Minas Los Laureles Ltda, (17874) Sociedad De Minas Los Sauces Ltda, (34081) Sociedad De Minas Morales Ltda
Fkh-121	Contrato De Concesión (L 685)	74,98513	Activo	Pequeña	Explotación	(18702) Alfonso Peralta Patiño
009-91	Contrato En Virtud De Aporte	15,47993	Activo	Pequeña	Explotación	(25256) Humitropic Ltda

Icq-08561	Contrato De Concesión (L 685)	131,2544	Activo	Pequeña	Explotación	(38640) Álvaro Alfonso Romero Suarez, (38641) Jairo Jose Cristancho Albarracín
Eif-081	Contrato De Concesión (L 685)	8,46139	Activo	Pequeña	Explotación	(29919) Jorge Zanguña Fonseca, (33006) Ricardo Avellaneda Hurtado
Jhe-10261	Contrato De Concesión (L 685)	29,08482	Activo	Pequeña	Explotación	(45804) Nancy Silva Pérez, (43850) Rafael Rojas Becerra
Jht-10182x	Contrato De Concesión (L 685)	183,5818	Activo	Mediana	Explotación	(40239) Iván Hernando Bermúdez Cárdenas, (46326) Milton Arnulfo García Salcedo
00208-15	Licencia De Explotación	63,99972	Activo	Mediana	Explotación	(32552) José De Jesús Rojas Granados
Icq-08279	Contrato De Concesión (L 685)	11,29560	Activo	Pequeña	Explotación	(38577) Ana Mireya Zanguña Ochoa, (38578) Luz Ángela Zanguña Ochoa, (38576) María Yesenia



						Zanguña Ochoa, (14259) Misael
						Zanguña Espinosa
						(24940) Cristóbal Fonseca, (24766)
01-055-96	Contrato En Virtud De Aporte	7,37807	Activo	Pequeña	Explotación	Gonzalo Fonseca Rodríguez, (24563)
						José Del Carmen Fonseca Rodríguez,
Kje-09141	Contrato De Concesión (L 685)	35,71240	Activo	Mediana	Explotación	(19469) Elsa Victoria Sánchez Pérez
						(27767) Servicios Y Productos
00764-15	Licencia De Exploración	297,8561	Activo	Mediana	Explotación	Mineros S.A.S. "Serpromin" S.A.S.
						(38372) Cerámica San Lorenzo
Jat-15091	Contrato De Concesión (L 685)	61,49955	Activo	Pequeña	Explotación	Colombia S.A.S.
00455-15	Licencia De Explotación	56,27728	Activo	Mediana	Explotación	(21192) Minera De Pantoja S.A.

---

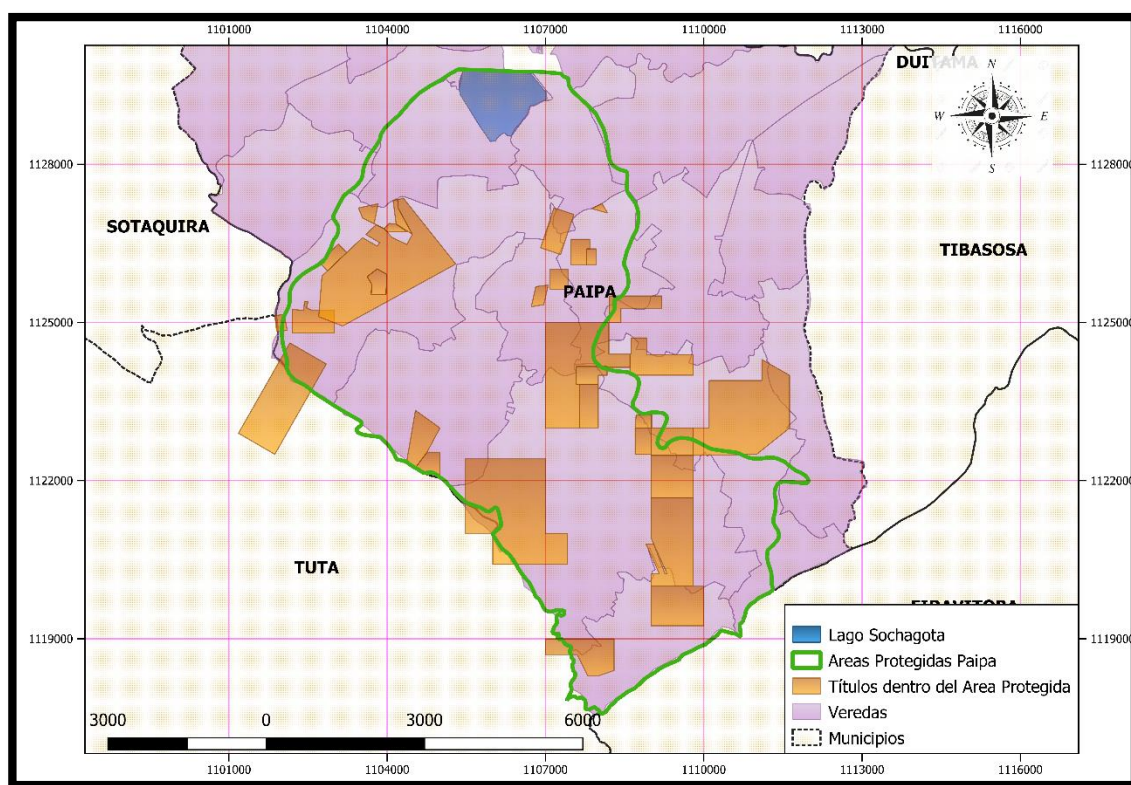
Fuente: Recuperado de la Agencia Nacional Minera (ANM). 2020

### Relación de componentes del área de estudio mediante cartografía digital disponible.

El Distrito de Manejo Integral del Lago Sochagota, tiene una relación estrecha con las actividades económicas de la minería que se llevan a cabo en el municipio de Paipa. Por lo tanto, el manejo de los recursos naturales de la zona tiende a ser manejados de manera especial, ya que la extracción de minerales debe estar ligado con la protección directa del medio ambiente que lo circunda.

### Mapa 3.

*Títulos mineros dentro del DMI del municipio de Paipa*

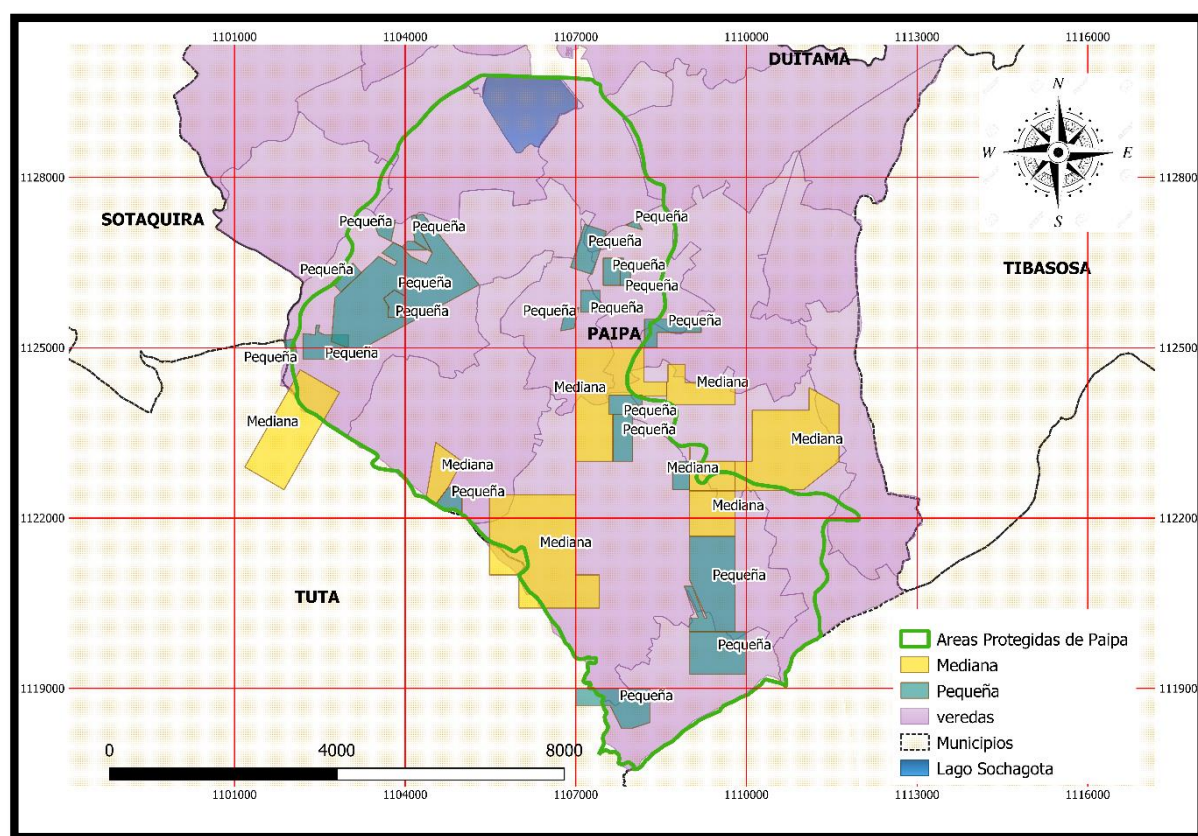


Fuente: Autor. Generado en el software QGIS

En el mapa 3 se evidencia la actividad minera que se encuentra dentro del área de protección integral del municipio de Paipa, lo cual constituye un foco de detrimento a la conservación ambiental del distrito, pero que confluye y se enlaza con la tradición minera del sector, variable socioeconómica de la población veredal Paipana.

#### Mapa 4.

*Clasificación de Títulos Mineros en DMI.*



Fuente: Autor. Generado en el software QGIS.

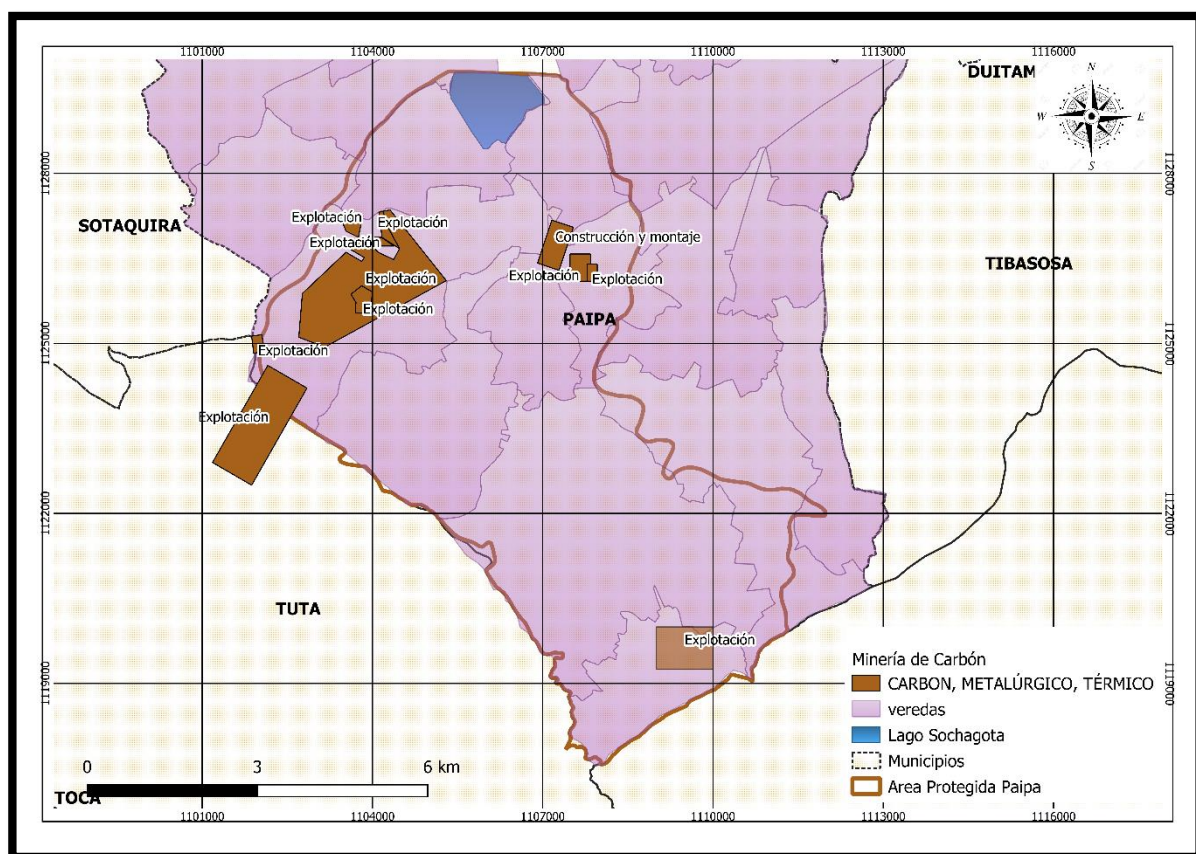
Dentro de los títulos mineros encontrados, es necesaria la clasificación con respecto a su extensión, los títulos de pequeña y mediana minería se centra en la extracción carbones y

calizas, su tamaño no depende del tipo de material, sino de las reservas estimadas, es decir, la proyección geológica de yacimientos.

El mapa 4 muestra que la mayoría de la minería que se encuentra dentro del DMI, es de pequeña escala. Ésta, se encuentra en sectores más cercanos al área poblada del municipio y cercana al cuerpo de agua principal. La mediana minería se encuentra más alejada y se concentra en la vereda El Salitre, zona tradicional minera.

### Mapa 3.

*Títulos mineros de carbón dentro del DMI del municipio de Paipa.*



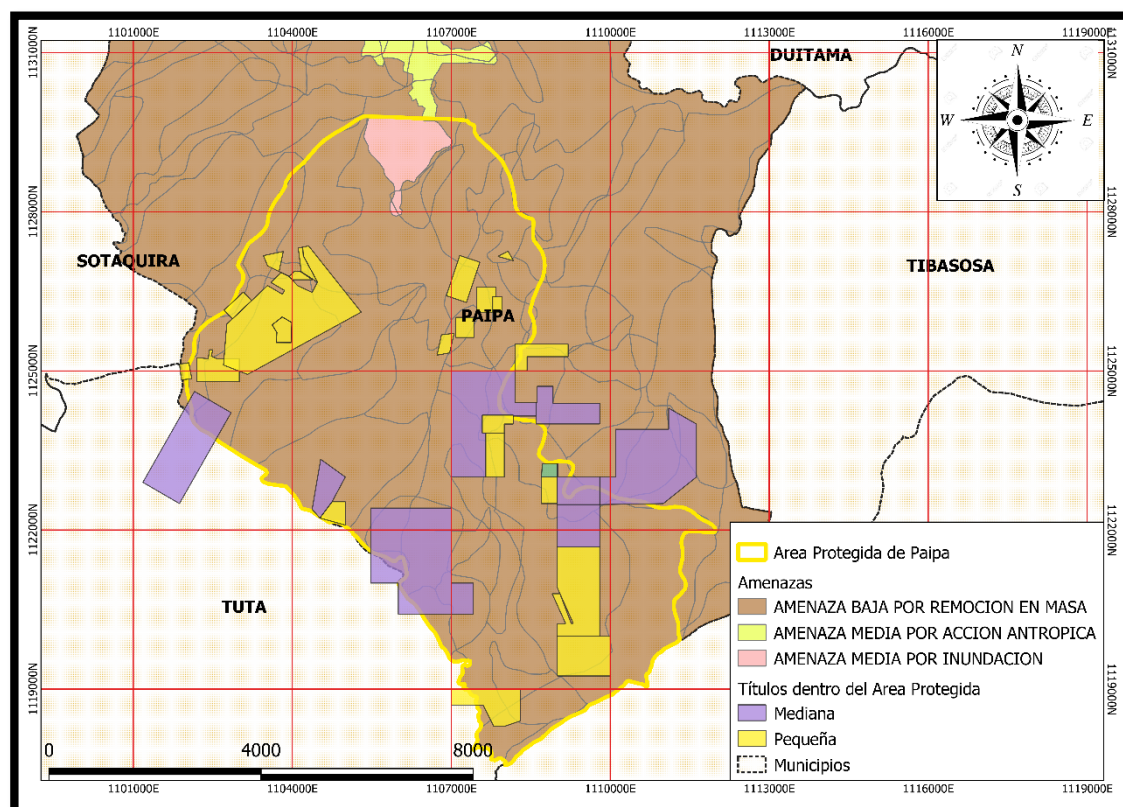
Fuente: Autor. Generado en el software QGIS.



La extracción de carbón, aunque es limitada y no constituye un alto porcentaje a nivel departamental ya que el distrito minero se encuentra en municipios como Tasco, Corrales, Socha, Paz de Rio, entre otros, es distribuido en la zona del DMI de Paipa y algunos de ellos tienen características óptimas para la producción de energía, la cual es generada por empresas que se encuentran en el mismo municipio, como Gensa S.A. y la Termoeléctrica de Paipa. Los títulos de carbón se encuentran en explotación y uno de ellos está en etapa de montaje y construcción.

#### Mapa 4.

*Amenazas presentes en el DMI del municipio de Paipa.*

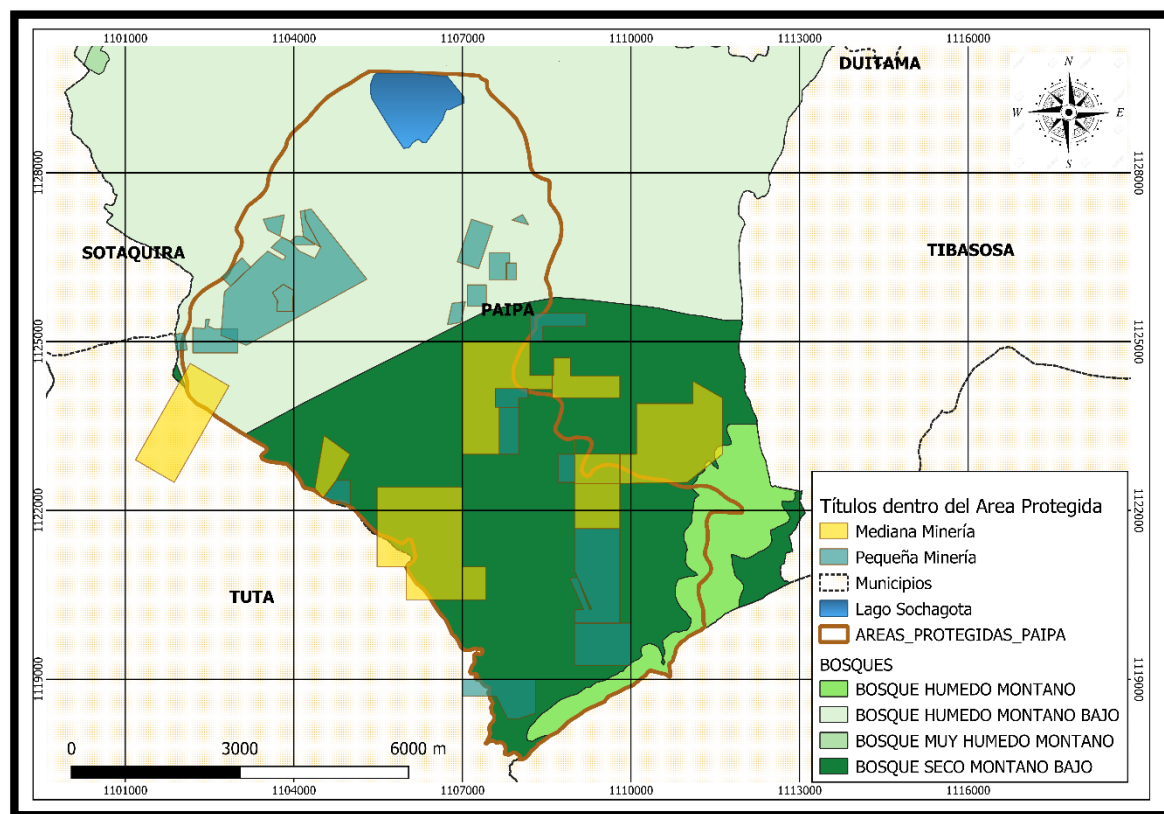


Fuente: Autor. Generado en el software QGIS.

El mapa 6 muestra el análisis de amenazas del DMI de Paipa. Cuenta con tres específicas las cuales se distribuyen de la siguiente manera: Existe amenaza baja por remoción en masa, la cual se extiende por toda el área protegida, una segunda amenaza media por inundación, la cual se localiza precisamente en el área del lago Sochagota y una tercera amenaza media por acción antrópica que, aunque no se encuentra explícitamente dentro del DMI, su latencia puede afectar las actividades que se desarrollen dentro del área protegida. La amenaza que se destaca es la remoción en masa, que, aunque está clasificada como baja, no deja de ser preocupante por la acción antrópica por extracción minera que se desarrolla en su mayoría en la esa zona y en la cual se podrían ocasionar derrumbes que afecten a la población aledaña.

## Mapa 5.

### *Clasificación de bosques en el DMI de Paipa.*



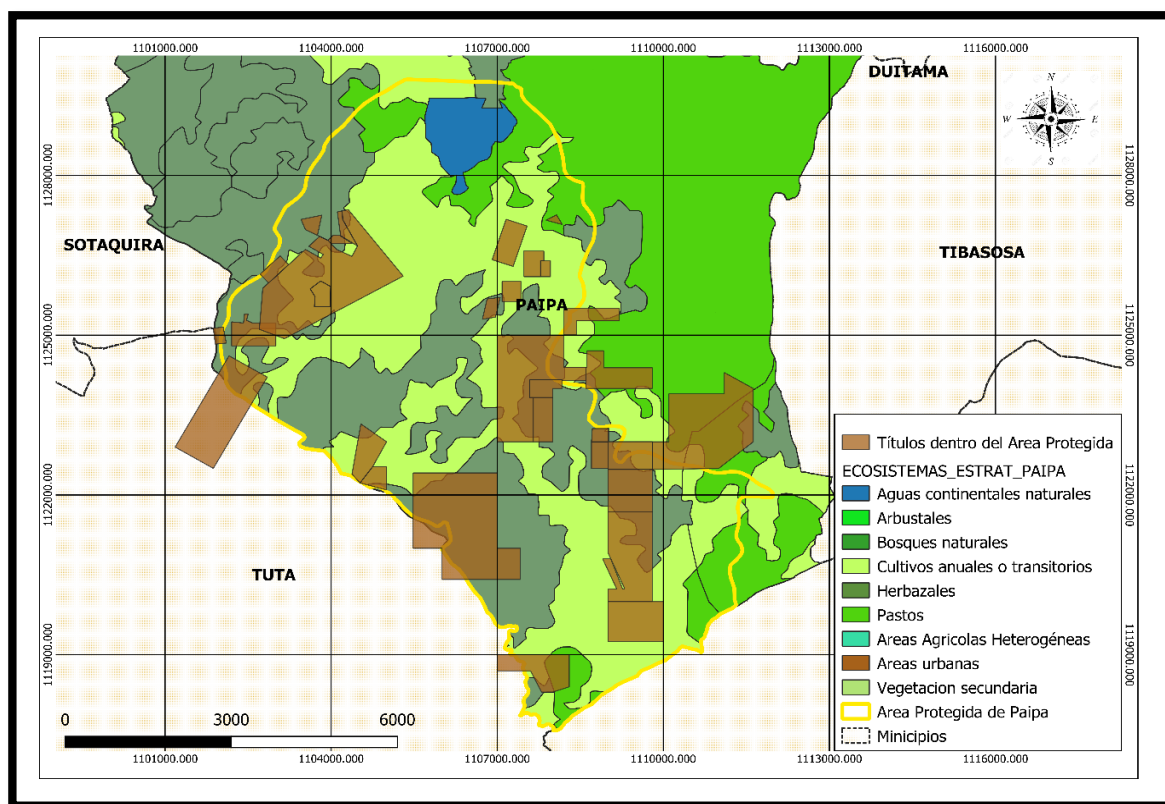
Fuente: Autor. Generado en el software QGIS.

El mapa 7, muestra que dentro del área protegida existe una clasificación de bosque que se divide en Bosque seco montano, bosque húmedo montano, Bosque muy húmedo montano y bosque muy húmedo montano, la mayoría de los títulos mineros se encuentran en bosque seco montano y una serie de títulos en menor cantidad en bosque húmedo montano bajo. Las clasificaciones de bosque sirven en gran medida para entender la afectación que pueden tener estos ecosistemas por la extracción minera dentro del DMI. Efectos importantes existirían en el bosque seco montano, ya que generalmente en estos sectores se desarrolla

de preferencia para la población local, su residencia, el desarrollo agropecuario y micro desarrollo urbano, en donde la minería afecta radicalmente las características descritas por los cambios en el uso del suelo.

### Mapa 6.

*Coberturas vegetales del DMI del municipio de Paipa.*



Fuente: Autor. Generado en el software QGIS.

En el mapa 8, se muestran coberturas que indican que en el DMI hay una clasificación que se distribuye en arbustales, bosques naturales, cultivos anuales y transitorios, herbazales, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, áreas urbanas y vegetación secundaria.



Existe una relación perceptible en cuanto a la coexistencia de títulos mineros con cultivos anuales y herbazales, muchas de las minas existentes que se encuentran son de extracción subterránea, lo que permite que sus alrededores cuenten con actividades agrícolas o densidad de vegetación perene. Los cambios del uso del suelo y la deforestación no tienden a ser de impacto fuerte, pero los PMA mineros contemplan zonas de reforestación y/o inversión en áreas para la protección.

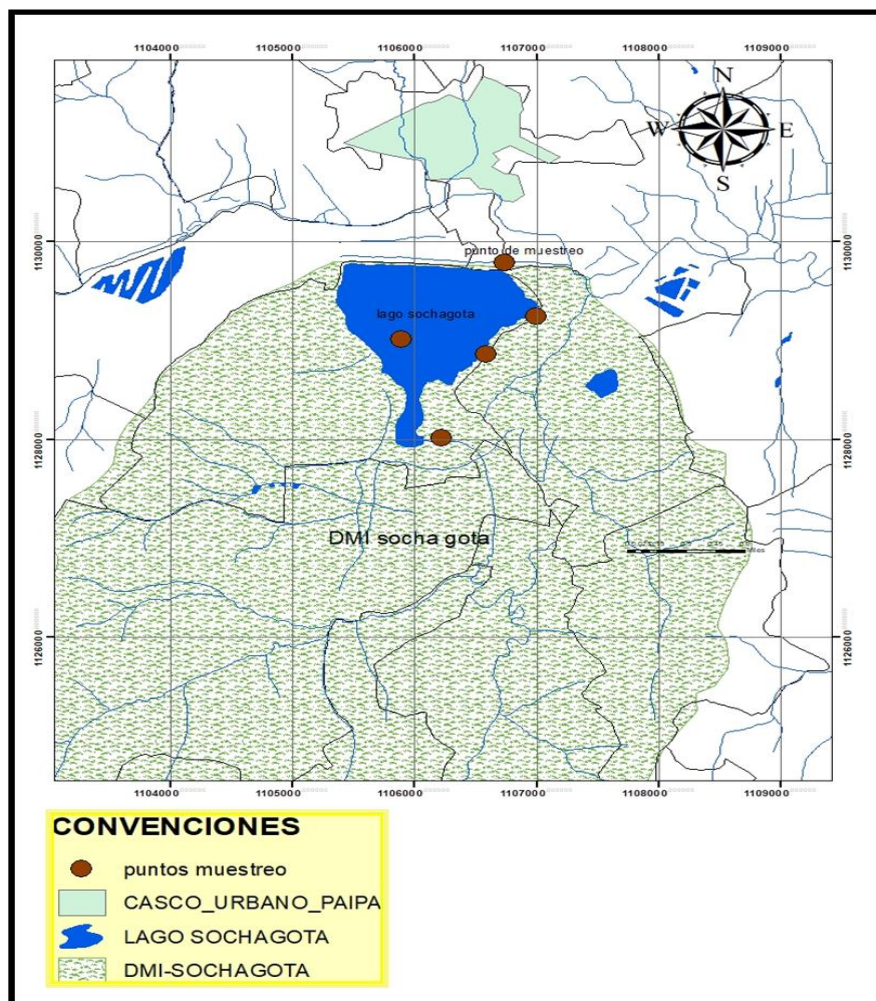
También se destaca que dentro del DMI, no existen zonas de arbustales, como si se encuentran inmediatamente adyacentes a la delimitación. La tradicionalidad de usos de suelos para cultivos agrícolas, sector pecuario y minería, han transformado la conservación arbustal la cual se caracteriza por estar en zonas cercanas a sistemas de paramos colombianos.

### **Índices de contaminación.**

Con el fin de realizar un muestreo para caracterizar a las aguas que circundan al lago Sochagota, se tomaron muestras en diferentes puntos del afluente, realizando una debida georreferenciación, haciendo pruebas fisicoquímicas básicas in situ y posterior analizando las muestras en laboratorio. Es así, que se programaron salidas de campo que fueron realizadas entre el 2 y 6 de marzo de 2020 al igual que se definieron los sitios de muestreo de acuerdo a sugerencias del director del trabajo.

## Mapa 7.

### *DMI Sochagota Paipa*



Fuente: Autor. Generado en el software QGIS.

Los datos obtenidos luego del análisis fisicoquímico del agua circundante al lago Sochagota, se realizan con el fin de determinar si existe una verdadera protección al líquido, determinando su calidad y su relación con la minería tradicional paipana, para verificar si existe la conservación debida, de acuerdo a los conceptos de protección con los

cuales se crea el Distrito de Manejo Integral. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 4.**

*Datos de pruebas in situ realizadas en el Lago Sochagota.*

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Quebrada salitre</b>	<b>Descarga del lago</b>
<b>Coordenadas Planas</b>	E 1106583	E 1105888	E 1106996	E 1106221	E 1106741
	N 1128863	N 1129011	N 1129241	N 1128014	N 1129788
<b>T (°C)</b>	22	20,5	20	19	20
<b>pH</b>	9,9	10,3	10,1	9,9	9,9
<b>Dureza (mgCaCO<sub>3</sub>/L)</b>	55	63,5	84	55	74,5
<b>Alcalinidad (mmol CaCO<sub>3</sub>/L)</b>	50	30	40	NM	70
<b>Acidez (mmol Ácidos/L)</b>	NM	NM	NM	0,9	NM
<b>Oxígeno (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	4	7,7	NM	6,2	5
<b>Caudal (revoluciones/min)</b>	NM	NM	NM	810	417
<b>Olor (aceptable o no aceptable)</b>	A	A	NA	A	A

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos revelan que esta agua no es apta para consumo humano, los valores de oxígeno disuelto se encuentran por debajo de las condiciones normales con las cuales debería contar el líquido. En cuanto a la dureza, se pueden clasificar entre suaves y medias, lo que significa que su contenido de sales no es alto. El pH se encuentra un tanto elevado en

todas las muestras de agua, si se tiene en cuenta que para aguas superficiales debería estar en el rango de 6,5 a 8,5.

**Tabla 5.**

*Datos de pruebas de laboratorio realizadas para el Lago Sochagota.*

<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	<b>PUNTO 1</b>	<b>PUNTO 2</b>	<b>PUNTO 3</b>	<b>QUEBRADA SALITRE</b>	<b>DESCARGA DEL LAGO</b>
<b>Sólidos</b>					
<b>Suspendidos (mg/L)</b>	400	360	510	6000	6000
<b>Sólidos Totales (mg/L)</b>	3500	3300	3810	13500	12800
<b>Sólidos Disueltos (mg/L)</b>	3100	2940	3300	7500	6800
<b>DQO (mgO<sub>2</sub>/L)</b>	19	14	16	56	56
<b>DBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>/L)</b>	11	9,1	11	31	89
<b>Grasas y Aceites (mgG&amp;A/L)</b>	1,5	1,3	1,4	3,2	3,6
<b>Color (mgPt/Co)</b>	41	36	48	98	152
<b>Turbiedad (NTU)</b>	56	52	53	126	144
<b>Conductividad (μS/cm)</b>	6100	6100	7100	15600	12300

**Coliformes**

<b>Totales</b>	68	62	71	210	256
----------------	----	----	----	-----	-----

**(NMP/100 ml)**

**Coliformes**

<b>Fecales</b>	42	44	56	96	185
----------------	----	----	----	----	-----

**(NMP/100 ml)**

---

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, al encontrarse valores de sólidos suspendidos altos, se puede afirmar que existen vertimientos de aguas negras en algunos puntos sobre el lago, principalmente de la quebrada Salitre y en el punto de descarga del lago, los cuales muestran los valores más altos de contaminación debido a que este afluente recoge las aguas mineras de la vereda con el mismo nombre y en el efluente recibe las aguas contaminadas del sector económico de la hotelería característica del municipio que se localiza alrededor del cuerpo de agua. La turbidez es demasiado alta alcanzando valores hasta de 144, cuando los valores deberían encontrarse por debajo de 5 NTU.

**Índice de calidad del agua (ICA)**

A partir de los datos obtenidos al realizar las mediciones in situ y los análisis de laboratorio, se procede a determinar el índice de calidad del agua (ICA) ya que se usará en el presente estudio para establecer la calidad actual del Lago Sochagota tomando en cuenta la importancia y repercusión que tiene este sobre el bienestar humano.

Para la medición general del Índice de Contaminación del Agua (ICA), se estiman los parámetros básicos los cuales arrojan de manera general la calidad del cuerpo en

determinado punto de muestreo que generaliza el estado total del agua en el área de estudio analizada.

**Tabla 6.**

<i>Resultado Índice de Calidad del Agua (ICA) del Lago Sochagota.</i>										
PARÁMETRO	% DE PONDERACIÓN (WI)	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3		
		VALOR	ÍNDICE (II)	RESULTADO	VALOR	ÍNDICE (II)	RESULTADO	VALOR	ÍNDICE (II)	RESULTADO
<b>Coliformes</b>										
<b>Fecales (NMP/100 ml)</b>	0,21	42	55	11,55	44	54	11,34	56	52	10,92
<b>pH (Unidades de pH)</b>	0,17	9,9	19,7	3,35	10,3	9,7	1,65	10,1	13,6	2,31
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	0,15	11	32	4,80	9,1	37	5,55	11	32	4,80
<b>Turbiedad (UNF)</b>	0,11	56	36	3,96	52	38	4,18	53	37,5	4,13
<b>Sólidos Totales (mg/L)</b>	0,11	3500	32	3,52	3300	32	3,52	3810	32	3,52
<b>Oxígeno Disuelto (% Saturación)</b>	0,25	45	35	8,75	86	88	22,00	NM		0,00
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>CONTAMINADO</b>		<b>35,93</b>	<b>CONTAMINADO</b>		<b>48,24</b>			<b>25,68</b>

<b>PARA USO RECREATIVO</b>	<b>SIN CONTACTO CON EL AGUA</b>	<b>ACEPTABLE PERO NO RECOMENDABLE</b>			<b>SIN CONTACTO CON EL AGUA</b>		
	<b>Porcentaje de</b>	<b>Quebrada Salitre</b>			<b>Descarga del Lago</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Ponderación (Wi)</b>	<b>Valor</b>	<b>Índice (Ii)</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valor</b>	<b>Índice (Ii)</b>	<b>Resultado</b>
<b>Coliformes Fecales (NMP/100 ml)</b>	0,21	96	46,5	9,77	185	39	8,19
<b>pH (Unidades de pH)</b>	0,17	9,9	19,7	3,35	9,9	19,7	3,35
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	0,15	31	2	0,30	89	36	5,40
<b>Turbiedad (UNF)</b>	0,11	126	5	0,55	144	5	0,55
<b>Sólidos Totales (mg/L)</b>	0,11	7500	32	3,52	6800	32	3,52
<b>Oxígeno Disuelto (% Saturación)</b>	0,25	66	65	16,25	54	52	13,00
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>CONTAMINADO</b>			<b>CONTAMINADO</b>		
<b>PARA USO RECREATIVO</b>		<b>SIN CONTACTO CON EL AGUA</b>			<b>33,73</b>	<b>SIN CONTACTO CON EL AGUA</b>	
							<b>34,01</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se pondera cada parámetro con de acuerdo a los parámetros de mayor importancia que para este análisis es el oxígeno disuelto con un 25% de importancia seguido por las Coliformes totales con un 21% respectivamente. Los resultados generales en los 5 puntos de muestreo arrojan valores entre 0 y 25 lo que en primera medida cataloga al agua como de pésima calidad.

### Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

En la tabla 4 se presentan los valores del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) teniendo en cuenta parámetros como DBO<sub>5</sub>, porcentaje de oxígeno disuelto y

coliformes totales mediante los cuales es posible inferir que el lago presenta altos niveles de contaminación por materia orgánica lo cual incrementa a diario principalmente por las descargas que recibe este por parte de todos los agentes que intervienen en la alteración de las características propias del mismo.

**Tabla 7.**

*Resultado Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) del Lago Sochagota.*

		Oxígeno	Coliformes					
Puntos de Monitoreo	DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	Disuelto (% Saturación)	Totales (NMP/100 ml)	I <sub>DBO</sub>	I <sub>Coliformes</sub>	I <sub>Oxígeno%</sub>	ICOMO	Calidad
Punto 1	11	45	68	0,78	1,00	0,55	0,78	Contaminado
Punto 2	9,1	86	62	0,72	1,00	0,14	0,62	Contaminado
Punto 3	11	NM	71	0,78	1,00	NM	NM	NM
Quebrada Salitre	31	66	210	1,00	1,00	0,34	0,78	Contaminado
Descarga del Lago	89	54	256	1,00	1,00	0,46	0,82	Altamente Contaminado

Fuente: Elaboración Propia

Los valores medidos para el Índice de Contaminación para Materia Orgánica muestran números muy cercanos a 1, lo que representa una calidad muy baja para las muestras



medidas en donde el Punto 1, punto 2, y quebrada Salitre, son aguas contaminadas y la descarga del lago está altamente contaminado.

### **Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).**

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos en el cálculo del índice de contaminación por sólidos suspendidos, como se observa esta cantidad es significativamente alta en cada uno de los puntos de monitoreo siendo más notorios los sólidos en la Quebrada Salitre y la Descarga al Lago arrojando niveles en los ICOSUS muy contaminados como se mencionó anteriormente, los agentes que intervienen sobre este han alterado significativamente las propiedades naturales del Lago.

**Tabla 8.**

*Resultado índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) del Lago Sochagota.*

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Sólidos Suspendidos (mg/L)</b>	<b>ICOSUS</b>	<b>Clasificación de Calidad</b>
<b>Punto 1</b>	400	1,00	Muy Contaminado
<b>Punto 2</b>	360	1,00	Muy Contaminado
<b>Punto 3</b>	510	1,00	Muy Contaminado
<b>Quebrada Salitre</b>	6000	1,00	Muy Contaminado
<b>Descarga del Lago</b>	6000	1,00	Muy Contaminado

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se recopilan los resultados de los valores obtenidos en el proceso de evaluación del índice de calidad del agua (ICA) además de los índices de contaminación por materia orgánica y por sólidos suspendidos (ICOMO, ICOSUS) respectivamente.

**Tabla 9.**

<i>Resultados de valoración ICA e ICOs para el Lago Sochagota.</i>		
<b>ÍNDICE</b>	<b>VALOR</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ICA</b>	35,52	Calidad Mala
<b>ICOMO</b>	0,61	Presencia de contaminación por materia orgánica.
<b>ICOSUS</b>	1,0	Presencia de contaminación por sólidos suspendidos.

Fuente: Elaboración Propia

De manera resumida, los resultados para los índices de calidad del agua medida se presentan de la siguiente manera: Índice de Contaminación del Agua: Agua de mala calidad; Índice de Contaminación por Materia Orgánica: Contaminación por materia orgánica; Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos: Contaminación por sólidos suspendidos.

## Conclusiones

Los títulos mineros de Paipa representan el 15,52 % del territorio, ocupando un área de 3.833 ha, mientras la relación territorial entre el DMI con 8.244,56 y la minería es del 1.878,49 ha, ocupando la minería el 22.8% del área total del DMI.

De acuerdo al tipo de contrato minero se tiene que el 60% equivalente a 31 títulos son contratos de concesión con posibilidad de prórroga, 60 años. El 22% son contratos en virtud de aportes, principalmente carbón, que de acuerdo a la fecha de vencimiento están suspendidos sin que a la fecha la autoridad Minera resuelva este tipo de solicitudes amparadas en la ley transitoria del plan de desarrollo 1955 de 2019, la cual revive el derecho de preferencia para contratos en aportes y licencias de explotación. Solo el 2% son áreas de reserva especial con resolución del año 2019.

El análisis para el tipo de mineral dentro del DMI, se agrupa en 5 categorías, arenas que ocupan 22.18 ha, carbón con 596.08 ha, Hierro, 184,40 ha; puzolana 1.025,71 ha y recebo con 50, 11 ha, al superponer la información los títulos de puzolana tienen el mayor número de licencias ambientales (6 de 20 licencias) y de territorio ocupado.

De los 31 títulos mineros dentro del DMI, 20 tiene instrumento ambiental vigente y corresponde a minería a cielo abierto, títulos concesionados entre el año 2010 y 2014 no presentan instrumento ambiental.

De acuerdo a la fecha de suscripción de los contratos e inscritos en el registro minero nacional se obtuvo que entre el año 1990 y 2000 fueron concesionados 8 títulos

mineros, entre el año 2002 y 2011 se concesionaron 16 títulos mineros, y entre el año 2011 y 2019 se han adjudicado 7 títulos mineros.

Por el tipo de minería, prevalece en todos su aspectos, técnicos y económicos la pequeña minería o de subsistencia, principalmente de carbón en donde fueron visitadas y georreferenciadas 157 UPM, de las cuales 35 operan sin título minero e instrumento ambiental.

Existe informalidad e ilegalidad en las actividades mineras del municipio de Paipa en donde se opera fuera de los polígonos asignados, sin instrumento ambiental, lo que genera alto riesgo de inversión, problemas penales, proceso sancionatorios ambientales, bajo precio de los minerales, alto índice de accidentalidad por las precarias condiciones en que se desarrolla la minería, constante disposición de estériles y de vertimientos a fuentes de agua como la quebrada el salitre, principal tributario del lago Sochagota en donde se desarrollan actividades y deportes náuticos eje fundamental del turismo en el Municipio.

Las formaciones vegetales cada vez son escasas si se considera el alto porcentaje de bosques plantas y áreas adecuadas para pastizales, lo que involucra un cambio en la dinámica ecosistémica, la pérdida de coberturas originales y por tanto el desplazamiento de especies animales.

Interpretando los resultados obtenidos al determinar el índice de calidad del agua (ICA) recopilados en la tabla 3, es posible concluir que el estado actual del Lago Sochagota se encuentra en elevados niveles de contaminación debido principalmente a las altas cargas de sólidos suspendidos hallados en éste. Ya que la disponibilidad de recurso hídrico en el





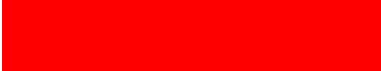
Lago tiene como finalidad el uso recreativo, es poco recomendable el contacto directo con éste.

A partir de los resultados en el índice de calidad del agua (ICA) es posible deducir que solamente puede existir una diversidad baja de vida acuática y se presenten problemas constantes de contaminación lo que conlleva a afectar notoriamente la salud ambiental.

De acuerdo a los niveles de significancia de los índices de contaminación propuestos por (Ramírez et al., 1997), el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) y el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) presentan grados de contaminación altos y muy altos respectivamente; comprobando que la carga contaminante presente en el Lago Sochagota es muy alta y puede generar inconvenientes que afecten el desarrollo normal del ecosistema y la salud.

Tabla 10.

*Grado de los índices de contaminación ICOs.*

ICO	Grado de Contaminación	Escala de Color
0-0,2	Ninguna	
0,2-0,4	Baja	
0,4-0,6	Media	
0,6-0,8	Alta	
0.8-1	Muy Alta	

Fuente: Ramírez et al 1997.

Es posible determinar de acuerdo a los resultados que el agua del lago Sochagota es de “uso dudoso para el contacto directo” ya que, presenta elevados niveles de materia orgánica y a su vez de sólidos suspendidos, por otra parte, basados en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 de 2015) en el Artículo 2.2.3.3.9.7. Criterios de calidad para fines recreativos mediante contacto primario es posible establecer que las condiciones del Lago Sochagota no son aptas para este fin, puesto que presenta niveles elevados de pH superando las 9.0 unidades máximas permitidas, también, existe presencia de material flotante como son los sólidos suspendidos totales que según el Decreto 475 de 1998 deben ser menores a 1000 mg/L, notorios mayormente en los niveles de descarga al lado los cuales pueden traer consecuencias adversas sobre la salud humana.

Del mismo modo, según los resultados obtenidos en los índices de contaminación, en el ICOMO o índice de contaminación por materia orgánica se presenta una carga correspondiente al valor de 0,61 lo cual según el grado de los índices de contaminación propuestos por Ramírez et al. (1997) es alta ya que al incrementar los valores de DBO por factores aledaños (desechos humanos, industriales, domésticos) hacen que el porcentaje de oxígeno descienda y a su vez ponga en riesgo las condiciones de vida acuáticas y del medio. El ICOSUS o índice de contaminación por sólidos suspendidos tiene un grado de contaminación muy alto equivalente a 1,0 por lo tanto, según las cantidades identificadas puede traer consecuencias desfavorables para la salud, desarrollo de las actividades cotidianas y aún más para el uso recreativo que se le da al Lago ya que pone en riesgo la

preservación del ecosistema y el bienestar de los turistas que tienen que tienen contacto con este.

## **Recomendaciones**

Realizar el control y seguimiento a la titularidad minera que se desarrolla en el DMI Sochagota, puesto que la formalidad y las precarias condiciones técnicas, ambientales y económicas con que se desarrolla, aumenta los riesgos ambientales y laborales de quienes desarrollan esta actividad.

Es evidente el impacto ambiental causado por la minería en cuanto a la disposición de estériles, el vertimiento de drenajes de mina a los cuerpos de agua receptores y tributarios del lago Sochagota, situación que se agudice por el número creciente de títulos mineros y de UPM en cada polígono. Por tal razón se recomienda el ajuste a los diferentes Planes de Manejo Ambiental y la adecuación de obras que permitan prevenir, controlar, minimizar y compensar los diferentes impactos ambientales.

Se recomienda la revisión sistemática de cada título minero, principalmente los contratos en aportes, puesto que a la fecha se encuentran vencidos de acuerdo a la fecha indicada en el registro minero nacional.

Realizar los planes de cierre y abandono de la UPM, que en la actualidad son informales puesto que no están incluidas en el Plan de Trabajos y Obras, al igual que el PMA.

Establecer un redireccionamiento de las políticas públicas locales bajo los conceptos de coexistencia territorial y armonizar las diferentes obras y actividades realizadas en el DMI Sochagota.



## Bibliografía

- ‡ R., Restrepo, R., Cardeñosa, M., De, Í., Para, C., De, C., Continentales, A., & Vertimientos, Y. F. (1999). *ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS*.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n5/v1n5a08.pdf>
- Andrade-C., M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción Ciencia-Política. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencia*, 35(137), 491–507.
- Andrade, G. I., Rodríguez, M., & Wills, E. (n.d.). *Dilemas Ambientales de la Gran Minería en Colombia*. Retrieved February 10, 2018, from  
<http://www.manuelrodriguezbecerra.com/bajar/dilemas.pdf>
- Bernet, M., Urueña, C., Amaya, S., & Peña, M. L. (2016). New thermo and geochronological constraints on the Pliocene-Pleistocene eruption history of the Paipa-Iza volcanic complex, Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.08.013>
- Cárdenas, M. A., Zárate, M. L., & Sánchez-Paez, H. (2003). Caracterización de los Distritos de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables, Formulación y Ensayo de una Metodología para la Evaluación de la Efectividad en el Manejo. *Colombia Forestal*, 8(16), 77–94.  
<https://doi.org/10.14483/UDISTRITAL.JOUR.COLOMB.FOR.2003.1.A06>

- Corpoboyacá. (2019). *Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá*. Corpoboyacá.
- Escobar, A., & Martínez, H. (2014). El Sector Minero Colombiano Actual. *Insumos Para El Desarrollo Del Plan Nacional de Ordenamiento Minero*.
- Escobar, V., & Palacio, D. (2010). Participación Social Y Conservación Del Bosque De Robles : El Caso De Paipa Y Duitama. *Colombia Forestal*.
- Fallis, A. . (2013). CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS Y SANITARIAS DEL LAGO SOCHAGOTA DE PAIPA BOYACA. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández, S. E., & Del Río, J. P. (coords. . (2012). Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento territorial. *Serie Documentos de Gestión Urbana 1*.
- Goebel, B., Ulloa, A., Caro, C., Quiroga, C., Sanchez, D., Buitrago, E., Damonte, G., Baca, H., Feldt, H., Gomez, I., Lopez, F., Stroebel, J., Eschenhagen, M., & Perreault, T. (2014). *Extractivismo minero en Colombia y América Latina* (Goebel y Ulloa (ed.); 1st ed.). Universidad Nacional de Colombia.Facultad de Ciencias Humanas. Grupo Cultura y Ambiente / Berlín: Ibero-Amerikanisches Institut. .
- Hernandez Pardo, O., & Alexander Eraso, G. (2011). Caracterización geofísica integrada de las aguas termales de la Hosteria Balneario El Batán, municipio de Cuitiva, Boyaca, Colombia. *Geología Colombiana - An International Journal on Geosciences*.
- Ibáñez, A. M., & Laverde, M. (2012). Los Municipios Mineros en Colombia :

características e impactos sobre el desarrollo. *Los Municipios Mineros En Colombia: Características e Impactos Sobre El Desarrollo Ana.*

IDEAM. (2018). *Reporte de avance del estudio Nacional del Agua*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2005). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá. In *CENTRO DOCUMENTACIÓN CAR BOGOTÁ* \tCG-3139. <https://doi.org/10.1016/B978-84-458-1898-5.50004-3>

Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2006). Analisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances En Recursos Hidráulicos.*

Leff, E. (2005). La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable : economización del mundo , racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza . *Alternativa de La Globalización*, 1–18. <https://doi.org/2173>, Folio 125, Tomo III,

Manrique-Abril, R. A. (2016). LA SATANIZACION DE LA ACTIVIDAD MINERA EN EL CONTEXTO DE LA DOBLE MORALIDAD COLOMBIANA. *SALUD, HISTORIA Y SANIDAD ON-LINE*, 11(1), 133–138. <https://doi.org/10.1907/SHS.111.216>

Manrique-Abril, R. A., García-Rivera, Á., & Manrique-Abril, F. G. (2019). Sighting of tingua moteada, (*Gallinula melanops bogotensis* Chapman 1914) Order: Gruiformes family: Rallidae, in weatlans of paipa and duitama, Boyaca, Colombia. *Boletin*

*Científico Del Centro de Museos*. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.2.14>

Política Nacional para la formalización de la minería en Colombia., Boletín Unilibre (2014).

Mojica, L., & Mariño, J. (2013a). Estado de la exploración y posibilidades de gas asociado al carbón (GAC) en boyacá (Colombia). *Boletin de Geologia*.

Mojica, L., & Mariño, J. (2013b). *ESTADO DE LA EXPLORACIÓN Y POSIBILIDADES DE GAS ASOCIADO AL CARBÓN (GAC) EN BOYACÁ (COLOMBIA)*. 35(2).  
<http://www.scielo.org.co/pdf/boge/v35n2/v35n2a02.pdf>

Ospina, J., Díaz, J. M. O., Abril, F. G. M., & GARZÓN, J. A. G. (2010). Salud y trabajo: minería artesanal del carbón en Paipa, Colombia. *Avances En Enfermería*, 28(1), 107–115. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/15660>

Parada-Quintero, M., Alarcón-Jiménez, D., & Rosero-Lasprilla, L. (2012). Fenología de la floración de especies ornitófilas de estratos bajos en dos hábitats altoandinos del Parque Natural Municipal Ranchería (Paipa-Boyacá-Colombia). *Caldasia*.

Procuraduría General De La Nación. (2010). Minería ilegal en colombia. *Informe Preventivo*.

Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación. *Ciencia, Tecnología y Futuro*.

Remolina, & Fernando. (2006). Propuesta de tipología de corredores para la Estructura Ecológica Principal de Bogotá. *REVISTA NODO*, 1(1), 13–20.

<http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/167>

Reyes, O. A. C. (2014). UTILIZACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CUENCAS EN ECOSISTEMAS DE PÁRAMO. *REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO*, 4(2).

[http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/RA/article/view/432/432](http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RA/article/view/432/432)

Rojas Lazo, O. (2016). SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Industrial Data*.

<https://doi.org/10.15381/idata.v2i2.6531>

Universidad de Cordoba; Unidad de Planeación Minero Energético. (2015). *Guía de orientación para el minero sobre el correcto manejo de los vertimientos para la minería de metales preciosos y de Carbón*. (GGC-223).

[http://www.upme.gov.co/SeccionMineria\\_sp/Guia\\_orientacion\\_para\\_el\\_minero\\_correcto\\_manejo\\_vertimientos.pdf](http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/Guia_orientacion_para_el_minero_correcto_manejo_vertimientos.pdf)

VÉLEZ-TORRES, I., & RUIZ-TORRES, G. (2016). EXTRACTIVISMO NEOLIBERAL MINERO Y CONFLICTOS SOCIO-AMBIENTALES EN PERÚ Y COLOMBIA. *Ambiente y Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.25100/ays.v5i1.4297>

World-Mining-data. (2018). *World Mining Data - Data Capture*. [http://www.world-mining-data.info/?World\\_Mining\\_Data\\_\\_Data\\_Capture](http://www.world-mining-data.info/?World_Mining_Data__Data_Capture)

## ANEXOS

Fotografía 1. Panorámica del Lago Sochagota



*Fotografía tomada durante la fase de campo en donde se recogieron muestras de agua en puntos cercanos al lago.*

Fotografía 2. Toma de muestras de agua



*Fotografía tomada durante la fase de campo en donde se recogieron muestras de agua en puntos cercanos al lago, quebrada el salitre.*

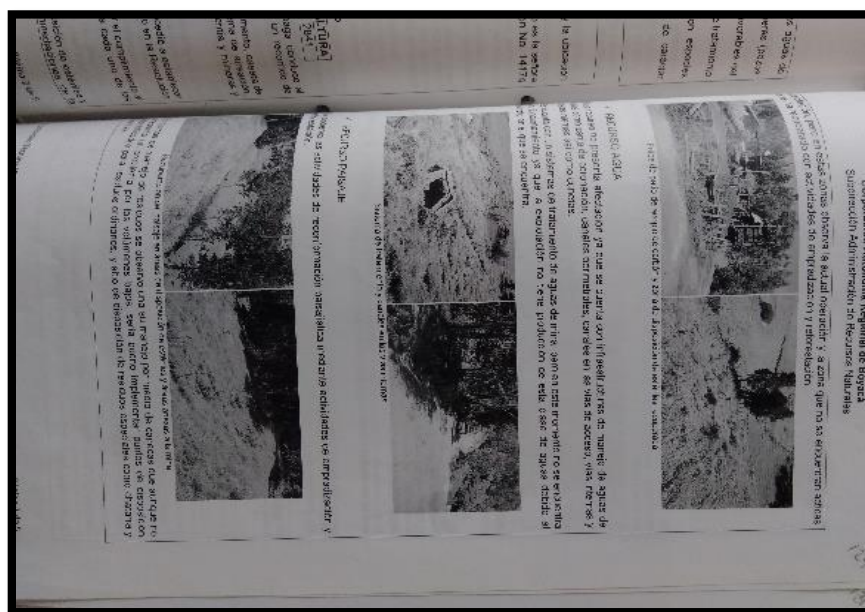
Fotografía 3. Minería de carbón Paipa



*Fotografía tomada durante la fase de campo en donde se visitaron varias Unidades Productoras mineras dentro del DMI del lago Sochagota en el municipio de Paipa.*



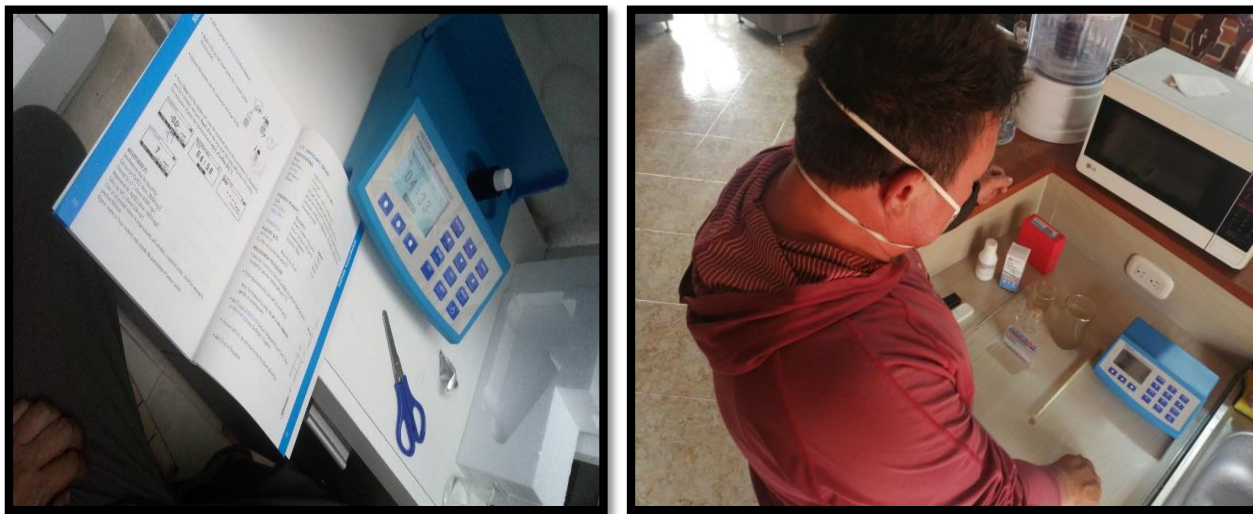
Fotografía 4. Revisión de expedientes en la ANM- Punto de atención Nobsa



*Lectura de expedientes de algunas Unidades Productoras Mineras dentro del DMI*

*Sochagota en el municipio de Paipa.*

Fotografía 5. Calibración de Fotómetro



*Análisis de muestras en el laboratorio para aguas en las instalaciones del grupo de investigación GIMAD del municipio de Paipa.*

Fotografía 6. Trabajo de Laboratorio Grupo GIMAD- Paipa



*Análisis de muestras en el laboratorio del grupo de investigación GIMAD del municipio de Paipa.*